2007-2008
OLYMPIADES de PHYSIQUE

LYCEE BRANLY
BOULOGNE sur MER

« Larsen VS Castafiore »

2007-2008

Thomas Delattre, Geoffrey Pruvost

NOS PARTENAIRES

Zone industrielle – RN 43
62510 ARQUES – France
Tél. : +33 (0)3 21 12 74 74
Fax : +33 (0)3 21 12 74 10

STUDIO BRAS D'OR - DIVISION AUDIO PRO
11, Rue Jules Huret - 62 200 BOULOGNE SUR MER
http://www.sboaudiopro.com/
Tel : 03 21 31 28 52 - Fax : 03 21 33 57 43

Nous nous sommes intéressés aux Olympiades de Physiques car l'année dernière de nombreux groupes y ont participés. Nous avions collaborés avec le groupe des verres de cantine « Un verre, ça passe ou ça casse » a des manips devant le foyer. Il y avait beaucoup de monde qui regardait mais pas beaucoup de monde qui voulait faire la manip devant les autres ; Laura et Mélanie devait aller chercher les élèves un par un pour participer alors nous y sommes allés car elles avaient à peine leur compte de simulations (100 simulations) au bout de deux jours et finalement cela nous a bien plu de faire de la physique comme ça et, de loin, nous avons suivi les avancés du groupes tout au long de l'année. Cela semblait prendre du temps mais ils avaient l'air de bien s'amuser alors nous nous sommes dit que l'on allait le faire aussi l'année suivante.

Au Lycée, tout le monde sait qu'il est possible d'aller faire un tour au labo de Physique le mercredi après midi car c'est « porte ouverte », nous nous sommes venus car nous avions pensé, depuis un moment, à un sujet à proposer. Nous avons présenté notre sujet à M Buridant et M Lancel et là, pas de chance, un groupe en 2005 avait déjà choisit le même : Le groupe de Vitrolles « La Castafiore » -Casser un verre avec un son- après quelques minutes de recherches dans l'armoire rangé dans le plus grand compartiment D : « Divers : Machins qui Servent ou qui pourraient Servir », il nous a ressorti le DVD ODP 2005 en nous disant que le dossier papier était sur le site des Olympiades. Nous n'avons pas trouvé le dossier sur le site et M Buridant ainsi que M Lancel (en riant tous deux) nous ont traités de Boulets !

Ils ont cherché eux-mêmes et…ils n'ont pas trouvé non plus !!!

Par pure sympathie, nous ne développerons pas plus sur l'hilarité des…boulets !!!

En fait, le dossier n'y est pas du tout ??? Perdu ???

C'est lors du visionnage du DVD que nous nous sommes aperçu que l'équipe n'avait pas **réussi à briser le verre** et nous avons donc décidé, avec l'accords des profs, de continuer sur notre idée de départ car nous en avions très envies.

Tout le monde connaît la célèbre Castafiore et son fameux organe vocal qui lui vaut le surnom de Rossignol Milanais. Ce personnage de Tintin inventé par Hergé était capable de casser un verre (et les oreilles) par la seule force de sa voix.

Mais ce phénomène peut-il être reproduit en dehors d'une BD et par quels autres moyens peut-on y arriver ?

I Généralités et théories sur les ondes sonores

1) Les ondes sonores : définition
2) Fréquence et périodicité
3) Le phénomène de résonance et les propriétés du cristal
4) Le Larsen

II Mesures de fréquences

1) *Obtention de fréquences*
2) *Affinage des fréquences obtenues*

III Application

1) *Expérience 1 : Mise en résonance du verre*
2) Méthode pour mesurer la déformation dans un même *plan*
3) *Expérience 2 : Mesure des forces extensives exercées sur le verre*
4) *Deux casses : Enfin un verre…mais aussi notre HP*
5) *L'autre voie : Mise en vibration d'une plaque de verre rectangulaire pour déterminer une estimation du module de Young d'un verre plat*
6) *La fatigue du verre*
7) *Notre nouveau haut parleur est enfin arrivé !!!*
8) *Augmentation de l'intensité sonore*
9) *Confection empirique d'un canalisateur de son*

Conclusion

Comment casser un verre (au Lycée) : mode d'emploi

IV Annexes

Remerciements

Synthèses

I. <u>Généralités et théories sur les ondes sonores.</u>

1) *Le son* : Définition

Le son est une perturbation appelée onde mécanique progressive.

C'est une onde mécanique car celle-ci provient d'une déformation d'un milieu matériel. Lorsque ce milieu est élastique, il reprend sa forme après le passage de la perturbation.

C'est une onde de type longitudinale à 3 dimensions

Le son est qualifié de longitudinale car le déplacement des points du milieu de propagation est parallèle à la direction de propagation, il y a dans ce cas un phénomène de compressions et de dilatations du milieu.

L'onde montre une seule fréquence « enregistrement » au cours du temps d'une onde sonore a

l'oscilloscope

C'est aussi une onde à 3 dimensions car celle-ci se propage dans tout l'espace…

Il est possible de calculer la célérité v d'une onde dans un milieu selon la relation v = d/Δt, Cette célérité dépend des propriétés et des conditions du milieu : la célérité est constante dans un milieu homogène mais varie en fonction de la température du milieu.

Si on considère un milieu de propagation comme homogène non dispersif, c'est-à-dire que la célérité du son ne dépend PAS de sa fréquence alors il est possible de la calculer aisément, toutefois il est primordial de prendre en compte la température du milieu de propagation

Pour exemple l'air : avec la relation v = 331,4 + 0,607θ (θ en °C et v en $m.s^{-1}$)

Dans une pièce à une température homogène t=26 °C, nous obtenons une célérité de :

$$v = 331,4 + 0,607*26 \text{ soit } v = 347,18 \text{ m.s}^{-1}$$

Il est aussi possible de calculer l'intensité sonore I en W/m² qui correspond au quotient de la puissance P en W par la surface réceptrice S (en m²) :

$$I = \frac{P}{S}$$

Cependant notre oreille n'est capable de percevoir que des sons de 10^{-12} à 25 W, qui est le seuil de douleur de l'oreille.

Au point de source de la perturbation, les énergies cinétiques et potentielles sont modifiées, cette portion du milieu va agir sur ses proches voisins et transférer ainsi de proche en proche les énergies cinétiques et potentielles. Cette énergie se répartit sur la surface d'une sphère qui croit avec le carré du rayon (Surface d'une sphère = 4ΠR²) donc l'intensité sonore décroît avec le carré du rayon : $I = \frac{P}{R^2}$

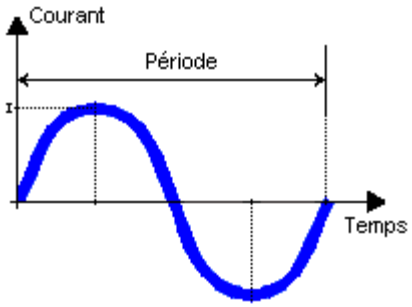
Il existe une autre unité pour définir le son et notamment pour la sensibilité auditive humaine : le niveau sonore L en décibels acoustiques (dB(A)) défini par la relation $L = 10 \log (\frac{I}{I_0})$ où I est l'intensité sonore de la source et I_0 et l'intensité sonore seuil : 10^{-12} W/m² à 1000 Hz.

Ainsi selon la loi de Fechner et Weber lorsqu'on double l'intensité sonore, le niveau sonore augmente de 3 dB.

2) Fréquence et périodicité

a) Double périodicité

Quelques définitions :
La période :



La période T est la durée au bout de laquelle un phénomène périodique se reproduit identique à lui-même.

La fréquence :
La fréquence F représente le nombre de périodes par unité de temps, elle s'exprime en Hertz (Hz).

$$F = \frac{1}{T}$$

Certaines fréquences sont imperceptibles pour l'Homme, en effet l'oreille humaine n'est sensible qu'à une certaine gamme de fréquence, de 20 Hz à 20 kHz, au dessous de 20 Hz on parle d'infrason, au dessus de 20 kHz on parle d'ultrason.

La périodicité temporelle :

La périodicité temporelle d'une onde progressive est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu de propagation se retrouve dans le même état vibratoire.

La périodicité spatiale :

La période spatiale d'une onde mécanique progressive est la distance constante séparant deux motifs identiques consécutifs. Elle est notée λ.
La période spatiale est la distance de propagation d'une onde pendant une période temporelle, deux points séparés d'une période spatiale ont le même mouvement au même instant.

b) <u>Ondes progressives sinusoïdales</u>

La période temporelle est notée T, la période et la fréquence de l'onde sont imposées par la source.
La période spatiale d'une onde sinusoïdale est appelée la longueur d'onde notée λ, elle représente la distance de propagation de l'onde pendant une période temporelle T. C'est donc la plus petite distance mesurée dans une distance de propagation séparant deux points en phase.

$$\Lambda = v \, . T$$

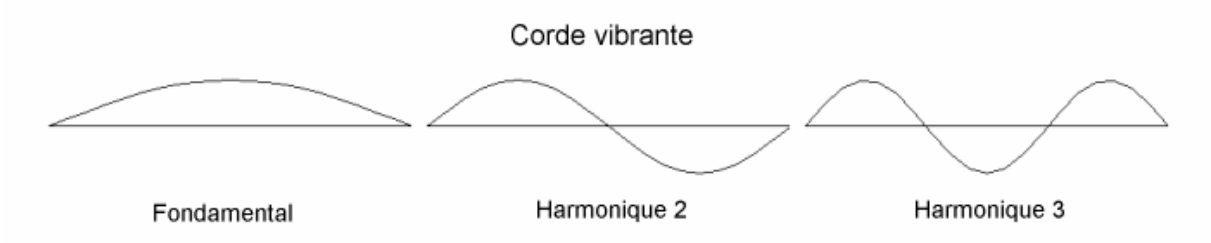
λ = longueur d'onde
v = vitesse de propagation de l'onde
T = période temporelle de l'onde

3) Le phénomène de résonance et les propriétés du cristal

A – La résonance

Chaque système a une fréquence propre (ou fréquence naturelle), quand on excite ce système a cette même fréquence on observe un phénomène de résonance : il y a une forte augmentation de cette excitation. La fréquence propre est en fait la plus petite fréquence à laquelle on peut observer ce phénomène, on appelle ce mode de vibration le mode fondamentale, les fréquences plus grandes où le système entre en résonance sont appelées les harmoniques.

On peut illustrer ce phénomène par l'excitation sinusoïdale d'une corde : à f1 la plus petite fréquence trouvée (la fréquence fondamentale de la corde), la corde vibre avec l'aspect d'un seul fuseau. Mais à la fréquence du premier harmonique on observe 2 fuseaux, à celle du 2^{e} harmonique il y a 3 fuseaux.
Donc la fréquence d'un harmonique est un multiple de la fréquence fondamentale : fn = n*f1



Cependant cette formule est seulement valable pour une corde. En étudiant les modes de vibrations d'une boîte métallique nous avons remarqué que les harmoniques n'étaient pas des multiples de la fréquence fondamentale.

Voici comment nous avons procédé :

Matériel pour l'expérience :

- 2 cannettes de boisson en métal : une en acier et une en aluminium
- Un générateur de vibration (ou vibreur)
- Un GBF
- Un fréquencemètre
- Un pendule permettant de repérer la vibration de la cannette

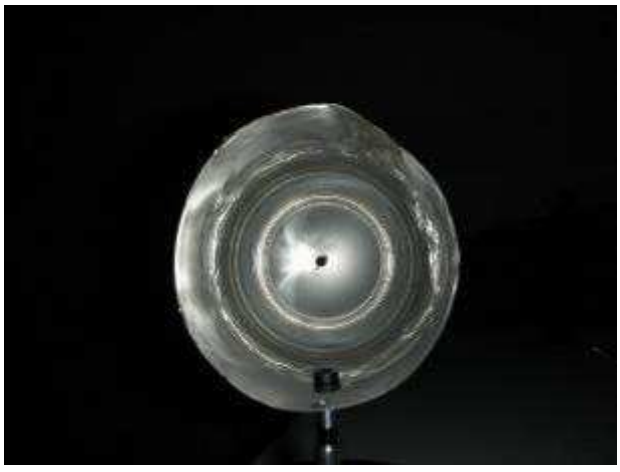
On a découpé le haut de chaque cannette en métal, en essayant de garder au maximum la partie rectiligne de celle-ci pour avoir un maximum de vibrations, et afin de pouvoir y fixer aisément le générateur de vibration.

Note : Cet objet est inutile, il sert à bloquer la BNC sur nos vieux GBF… En bricolant un peu de câblage, il est aussi possible d'utiliser la sortie arrière (+ de puissance)

Photo du montage

On trouve des fréquences différentes entre l'acier et l'aluminium, le son émis lors du passage en résonance est aussi différent.

Conclusion possible : il semble que pour une forme identique, la fréquence de résonance va dépendre de la nature du matériau.



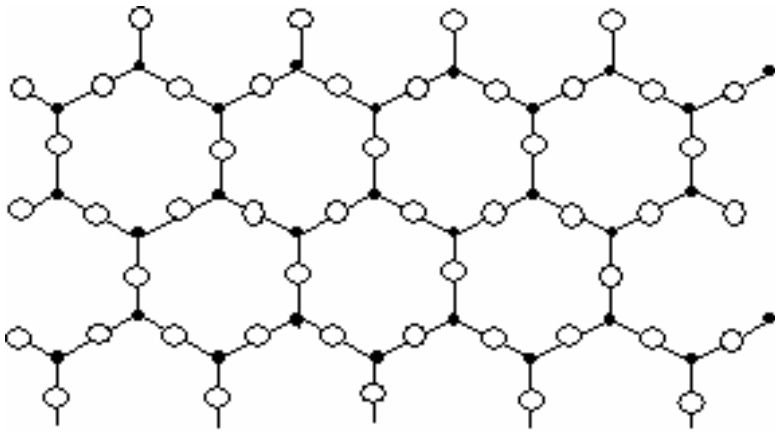
Boîte métallique au repos

Boîte métallique en résonance

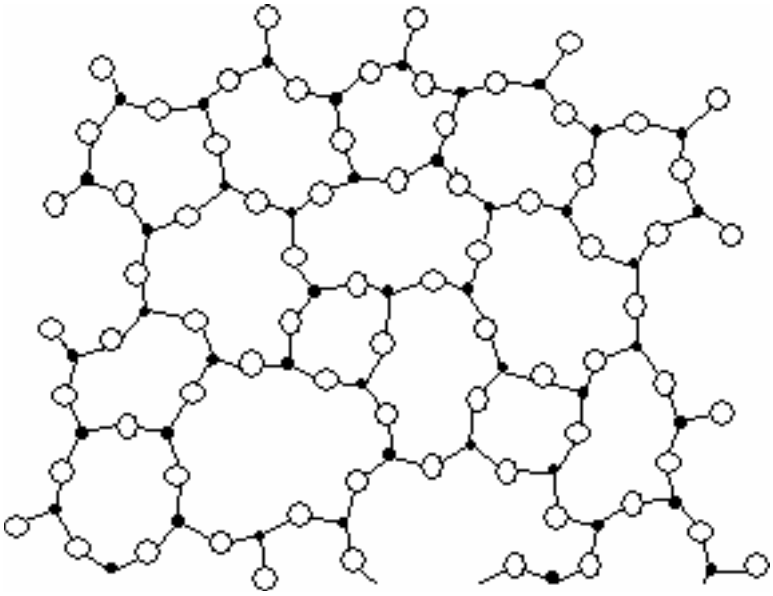
On trouve des fréquences différentes qui ne sont pas des multiples de la fréquence fondamentale ; ici, cependant on remarque que la résonance est la plus forte avec la fréquence du fondamentale.
Il est fortement probable que c'est avec celle-ci que nous allons devoir travailler pour éclater notre verre.

B – Les propriétés du cristal

En physique, verre et cristal sont des termes opposés : un verre désigne un matériau avec une structure amorphe alors qu'un cristal désigne un matériau avec une structure cristalline. Le terme verre en cristal est donc mal approprié.
Dans une structure cristalline chaque molécule est assemblée de façon à obtenir un assemblage régulier et ordonné alors que dans une structure amorphe les molécules sont assemblées de façon *anarchique*.

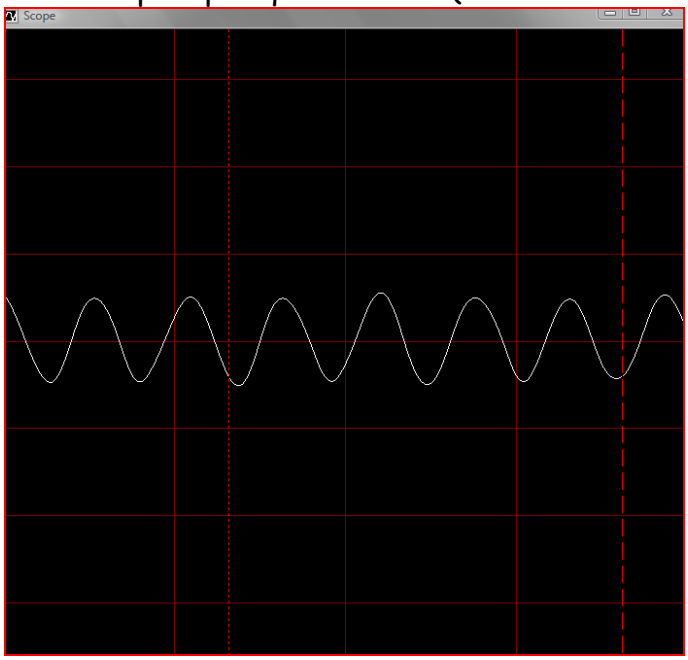


Représentation graphique à 2 dimensions d'une structure cristalline



Représentation graphique à 2 dimensions d'une structure amorphe

Le verre est constitué essentiellement de silice SiO2 (dans le sable) et de fondants qui servent à faciliter la fusion, pour faire du cristal, on ajoute du plomb à teneur élevée (exemple : Cristal de Bohême 24% de plomb, (le minimum pour pouvoir l'appeler cristal), le cristal de Baccarat 31,7%).
Le cristal est donc un verre *globalement normal* mais plus brillant et plus dur.
De plus, le cristal rend un son plus pur que le verre (l'onde ressemble à une sinusoïdale)



Enregistrement d'un son d'un verre en cristal avec le logiciel WinOscillo

Enregistrement du son d'un *verre courant* avec le logiciel WinOscillo

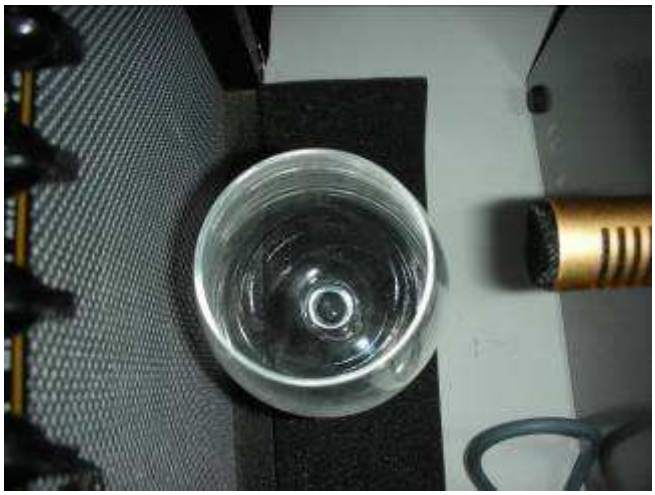
C'est d'ailleurs en faisant chanter un verre (c'est-à-dire en tournant lentement un doigt humide sur le bord du verre) qu'on peut différencier verre et cristal : le cristal entre en résonance facilement par une alternance mouvements de type « coller » (ou stick) et de type « glisser » (ou slip) et produit un son très clair.

Pour un verre courant mais fin, l'opération est nettement plus « *difficile* ».

Avec ce son, il est possible de mesurer la fréquence fondamentale du verre.

En réalité, par la suite, nous mesurerons, cette fréquence en *frappant* le verre avec un marteau à diapason. (voir méthode page 16)

4) **L'effet Larsen**



Matériel utilisé ici : ampli de guitare 15W

L'effet Larsen (ou feedback) est un phénomène physique de rétroaction acoustique découvert par le physicien danois Søren Larsen. C'est à dire, que cet effet produit sur le dispositif acoustique concerné une « auto amplification ».

On l'obtient notamment par la mise en place d'un émetteur amplifié (ex : haut-parleur, enceinte...) et d'un récepteur (ex : microphone) de système audio à proximité l'un de l'autre. Le son émis par l'émetteur est capté par le récepteur puis retransmis amplifié à l'émetteur, créant ainsi une « boucle d'amplification ». Cette boucle produit un signal dis auto ondulatoire qui augmente progressivement en fréquence et en intensité jusqu'à atteindre les limites du matériel utilisé (saturation), avec le risque de l'endommager ou même de le détruire. Ce phénomène est particulièrement fréquent dans tout système de sonorisation (conférence, concert, téléphone avec haut-parleur, prothèse auditive…) et produit un sifflement très aigu. Son utilisation nécessitera l'utilisation de casque de protection. La fréquence du son résultant dépend des fréquences de résonance des composants électriques et électroniques du système audio, de la distance séparant émetteur et récepteur, des propriétés acoustiques du lieu d'écoute et du caractère directionnel du récepteur.

Il peut aussi donner un son ondulatoire dans un système où l'émetteur et le récepteur introduisent un délai entre le moment où le son est perçu et le moment où le son est émis (par exemple, deux téléphones en communication et proches).

Dans notre projet, nous comptons utiliser cet effet afin de faire éclater un verre de cristal. En effet, *l'auto-amplification* du son émis suite à un léger choc sur le verre de cristal, doit provoquer la mise en vibration de ce dernier, la déformation du verre et à terme le faire probablement éclater.

Mais avant de commencer avec le larsen :

1) il faut en apprendre plus sur nos verres et donc commencer par étudier ce que nous voulons briser.

2) Il nous semble techniquement indispensable de le briser sans larsen.

II. Mesure de fréquences

1) Obtention de fréquence

3) Avec un oscilloscope classique.

Afin d'obtenir les fréquences de résonance approximatives des verres que nous souhaitions faire exploser, nous avons tout d'abord utilisé un oscilloscope classique, relié à un GBF, lui même relié à un microphone ce dernier permettant de capter le signal d'un verre ayant subit un « choc », léger mais il était impossible de figer les résultats obtenus.

Oscilloscope classique

- Avec un oscilloscope à mémoire.

Nous nous sommes alors tournés vers un oscilloscope à mémoire capable d'enregistrer nos résultats, nous permettant ainsi une meilleure approximation de la fréquence de résonance de notre verre. L'inconvénient de l'oscilloscope reste son imprécision, pour obtenir une valeur approximative de la fréquence nous utilisions la formule F = $\frac{1}{T}$ après avoir soigneusement compté les carreaux mais la méthode donne vraiment de trop mauvais résultats.

A gauche l'oscilloscope classique,

À droite l'oscilloscope à mémoire

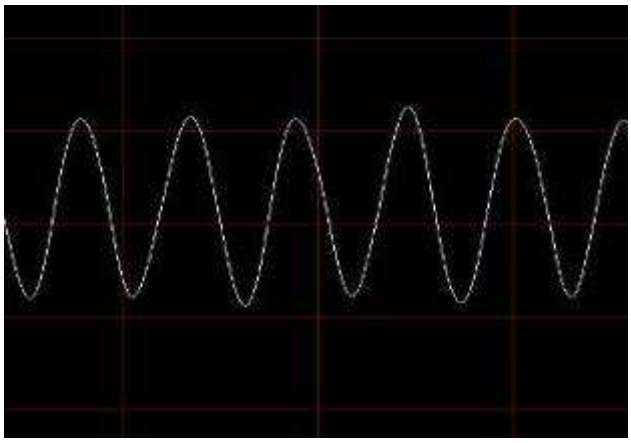
- L'outil informatique : Audacity et WinOscillo.

Pour plus de précision dans nos mesures, nous avons fait appel à de simples outils informatiques étonnement plus précis et surtout plus pratiques. Après quelques recherches, nous avons trouvé notre bonheur : deux petits logiciels respectivement nommés « Audacity et WinOscillo ».

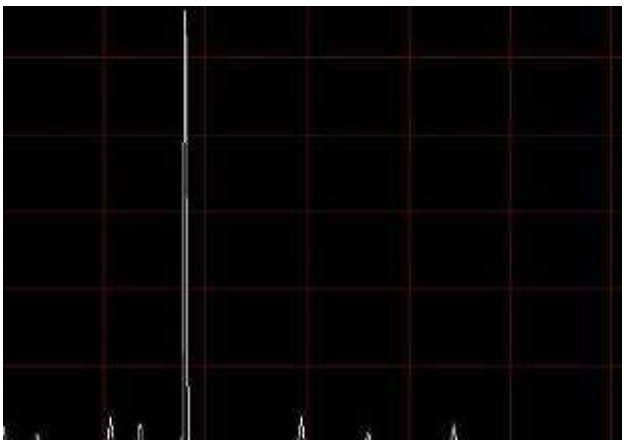
Ces deux logiciels sont gratuits (www.winoscillo.com et www.framasoft.net/article1039.html

En procédant de la même manière qu'avec les oscilloscopes, nous pouvons directement enregistrer et traiter nos résultats, beaucoup plus précisément. Nous obtenons tout d'abord le signal de notre verre de type sinusoïdal puis nous appliquons l'analyse de Fourier, nous permettant d'obtenir un spectre de ce signal et d'identifier la crête fondamentale (la plus grande) correspondant à la fréquence de résonance approximative, ainsi que les harmoniques.

A notre étonnement, après avoir répété l'expérience sur plusieurs verres, nous avons remarqué que leur fréquence de résonance (approximative) n'est pas la même, il faut donc nécessairement réobtenir cette fréquence de résonance *approximative* à chaque fois que nous changeons de verre.



Signal d'un verre de cristal à l'aide de WinOscillo



Spectre du signal d'un verre de cristal à l'aide de WinOscillo

2) <u>Affinage des fréquences obtenues : une nécessité absolue</u>

Affinage des fréquences avec Audacity

Une fois le signal et le spectre de notre verre analysé à partir de WinOscillo, nous obtenons une fréquence de résonance *approximative* de notre verre.
Pour affiner celle-ci, le logiciel Audacity est très utile. En effet, ce logiciel permet (aussi) la génération de son à la fréquence voulue directement par la sortie casque d'un ordinateur. Pour affiner nos résultats, il nous a donc fallu « *bombarder* » notre verre avec un son caractéristique de la fréquence de résonance obtenue précédemment dans nos analyses puis effectuer un balayage des valeurs proches de cette fréquence afin de trouver une valeur approchée pour laquelle notre verre vibrait le plus.

<u>Comment déterminer facilement **et** visuellement la meilleure fréquence ?</u>

Pour ce faire, nous avons élaboré un petit pendule constitué d'un morceau de mousse, enroulé dans du papier aluminium, le tout suspendu à un fil de couturière fixé à un support. Il ne nous restait plus qu'à observer le comportement de notre pendule, une fois celui-ci accolé à notre verre, la simulation pouvait commencer.

Plus le verre vibre, plus le pendule gagne en amplitude lors de ses rebonds sur le verre, à partir de là, il est aisé d'évaluer et d'affiner visuellement la fréquence de résonance du verre.

C'est facile, cela ne coûte pas grand-chose sinon pas mal de patience…

Pour affiner la fréquence, un petit HP (ici HP d'ordinateur) fait l'affaire.

III] Application

1) Expérience 1 : mise en résonance du verre, déformation du verre.

Matériel :

- *verre en cristal*
- *Ordinateur, logiciel WinOscillo et Audacity*
- *Haut-parleur à puissance modérée car nous voulons simplement faire vibrer le verre*
- *Pendule*
- *Stroboscope*

+ Fréquence de résonance du verre à étudier

Lorsque nous avons débuté le projet, en cherchant à casser le verre, nous nous sommes rendus compte, en touchant le verre du doigt, que celui-ci vibrait et se déformait ce qui est normal car le verre est un matériau élastique.
Toutefois, cette déformation n'est pas visible à l'œil nu car la persistance rétinienne de l'œil fait que nous ne percevons pas le mouvement du verre qui est trop rapide : la persistance rétinienne d'une image est d'environ $\frac{1}{10\text{è}me}$ de seconde soit 10 images par seconde, cependant nous trouvons des fréquences pour nos verres entre 750 et 850Hz ce qui représente 75 à 85 images par seconde durant la persistance rétinienne.
Il n'est donc pas étonnant que nous ne percevions rien à l'œil nu.
Nous avons donc cherché des méthodes pour observer cette déformation

Première méthode : (C'est la méthode vue plus haut)

En plaçant un pendule très léger contre la paroi du verre nous avons constaté que le pendule s'agite : des oscillations de quelques mm à une douzaine de centimètres.

Photographie du pendule au repos

L'agitation du pendule étant conséquente, les déformations du verre sont donc de l'ordre du macroscopique. C'est donc uniquement la vitesse des déformations du verre qui rend le phénomène invisible à l'œil nu.

Seconde méthode : utilisation d'un stroboscope sur le verre :

Cette fois nous utilisons le phénomène de persistance rétinienne à notre avantage, les flashs à intervalles réguliers du stroboscope vont faire « s'imprimer » l'image plus longtemps sur la rétine de l'œil, ainsi les instants où le verre sera éclairé les oscillations du verres seront comme « ralenties » pour notre œil.
Donc c'est en « *callant* » les fréquences des flashs du stroboscope que nous réussissons à visualiser les déformations du verre.

Photo d'un verre vibrant sous le stroboscope
(le « blanco » sur le verre était censé se craqueler
avec la déformation du verre
mais, hé, oui, encore une idée qui n'a pas aboutie !)

Problème d'optique technique : l'utilisation du stroboscope rend la réalisation des vidéos numériques très aléatoires (nous rêvons d'une caméra grande vitesse…)
Plus sérieusement :
Le verre prend des formes elliptiques en alternance sur les axes AA' et BB' : les « bosses » des ellipses sont en fait les ventres de vibration les points du verre restant immobiles sont les nœuds de vibration. Le diamètre varie de *manière importante* (voir schéma ci-dessous).

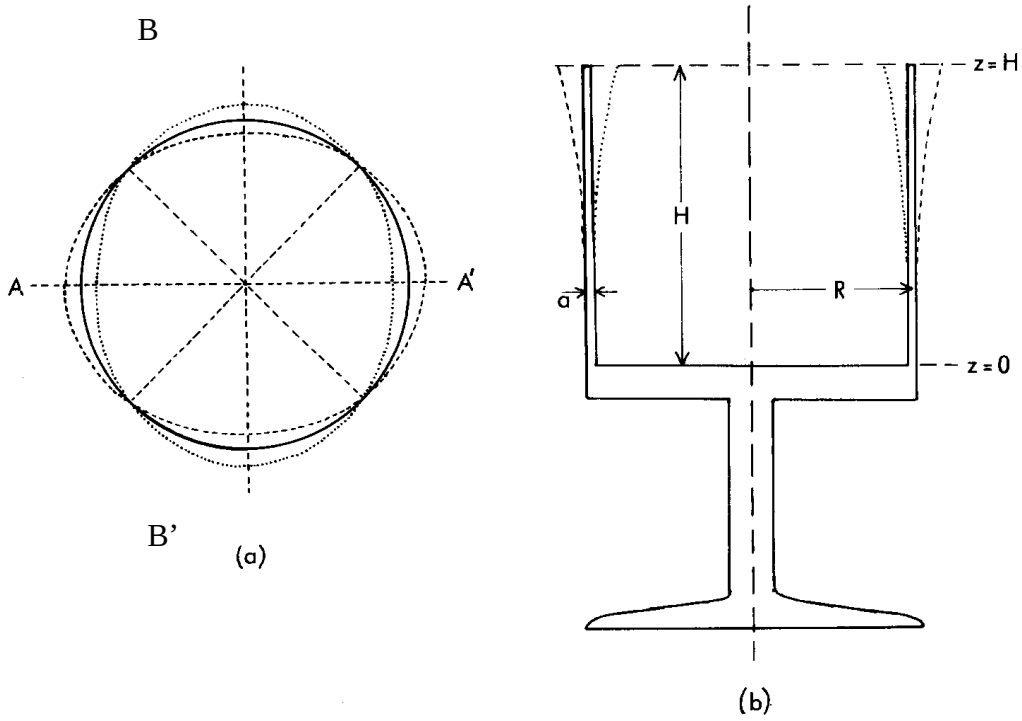


Schéma des déformations d'un verre lors de sa mise en résonance (la forme du verre est simplifiée et les déformations ne sont pas représentatives de la réalité).

Quand on fait vibrer un verre à sa fréquence fondamental, on observe des ventres et des nœuds : 4 ventres et 4 nœuds.
Mais lorsque l'on fait vibrer un verre à un harmonique, il paraît que l'on peut observer 6 ventres et 6 nœuds…ça nous n'avons pas réussi à le voir

2) Méthode pour mesurer la déformation dans un même plan (un diamètre) :

On utilise encore de l'optique : on place deux rayons laser à des trajectoires tangentielles du bord du verre de façon à obtenir 2 rayons réfléchis. Les 2 rayons frappent un écran (voir schéma ci-dessous)

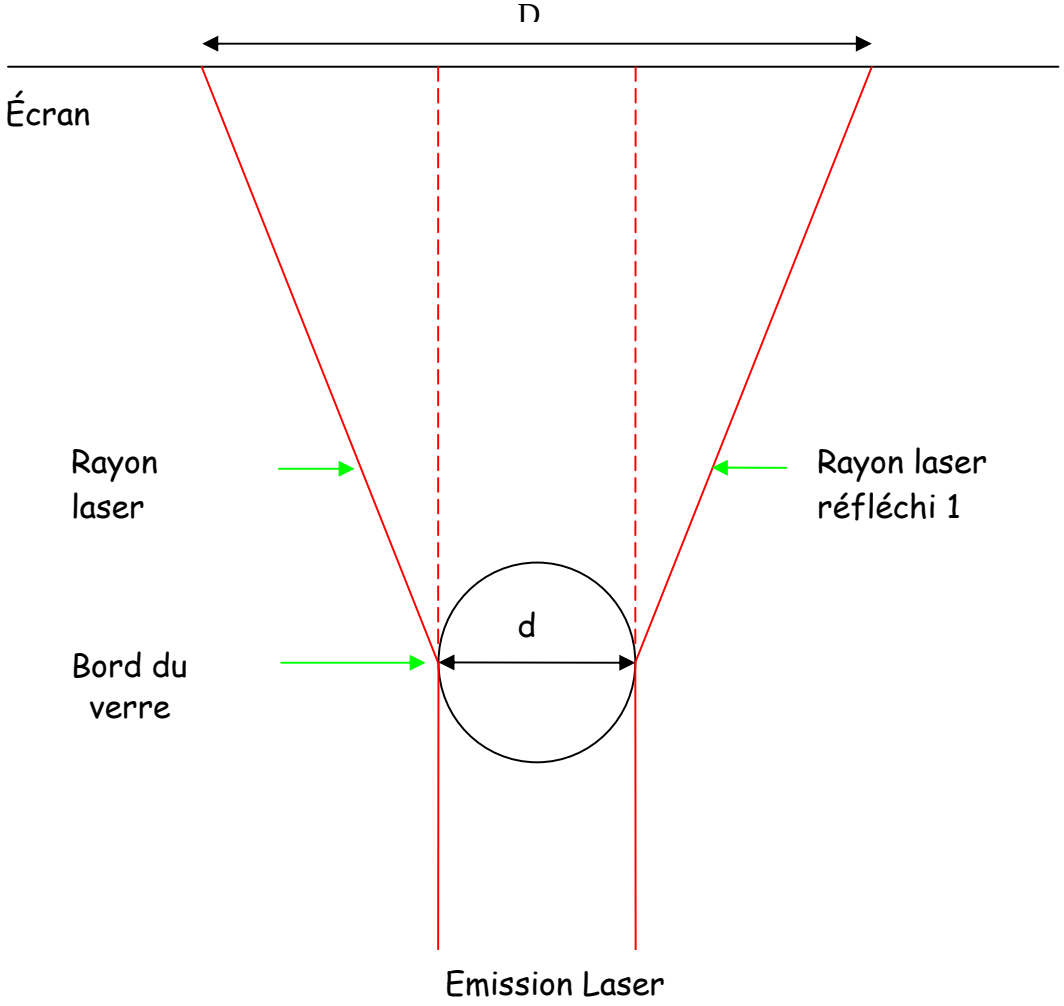


Schéma du dispositif

On mesure avec un pied à coulisse le diamètre d1 du verre. On note l'écart D1 entre les 2 points lumineux de l'écran. Puis on place un haut-parleur afin de faire vibrer le verre. Les bords du verre vont osciller et les rayons laser réfléchis vont être déviés et donc décalés sur l'écran.

On note D2 le nouvel écart entre les 2 points lumineux.

Par un simple produit en croix, on peut donc connaître d2 le diamètre du verre lorsque celui-ci vibre.

Soit la relation $\frac{d1}{D1} = \frac{d2}{D2}$ donc d2 $= \frac{(d1 * D2)}{D1}$. En comparant d1 et d2, on a donc une idée de la valeur de la déformation du verre.

Côté pratique : nous obtenons une « bouillie » de rayons réfléchis et diffractés.

Pas de vraies mesures possibles avec ce système : option abandonnée.

3) Mesure des forces extensives appliquées au verre

Nous avons cherché à mesurer la force en traction nécessaire pour casser un verre. Nous avons donc réalisé l'expérience suivante : nous avons accroché 2 fils en acier au bord d'un verre en cristal grâce à 2 crochets, les fils sont reliés à des masses.

D'un coté, un contrepoids (un jerrican rempli d'eau) et de l'autre des masses marquées dans un sac…(bleu mais une autre couleur fonctionne aussi)(voir schéma ci-dessous).

On place le sac de masses marquées sur un boy afin de pouvoir mettre progressivement en tension le verre.

Le verre casse avec 12,2 kg, il y a donc 12,2 kg sur chaque bord soit environ 120 N (p = mg). Cependant (enfin une manip qui donne une piste) c'est la fatigue qui fait casser le verre car celui-ci ne casse pas immédiatement après la mise en tension mais seulement après 12,5 min. Après pas mal de tests (36 verres), nous nous sommes rendu compte qu'en réalité la casse d'un verre sous tension est totalement aléatoire… (Voir tableau annexe).

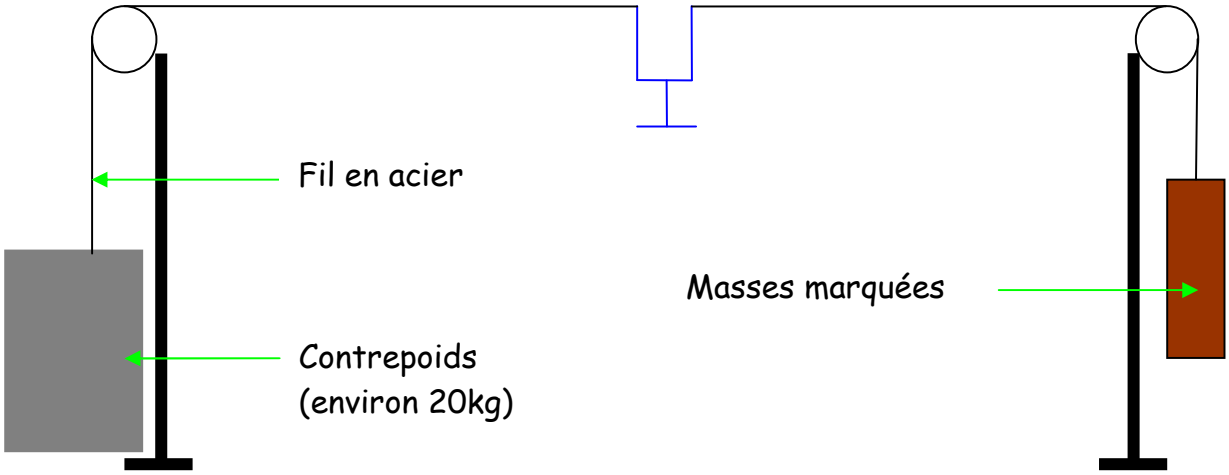
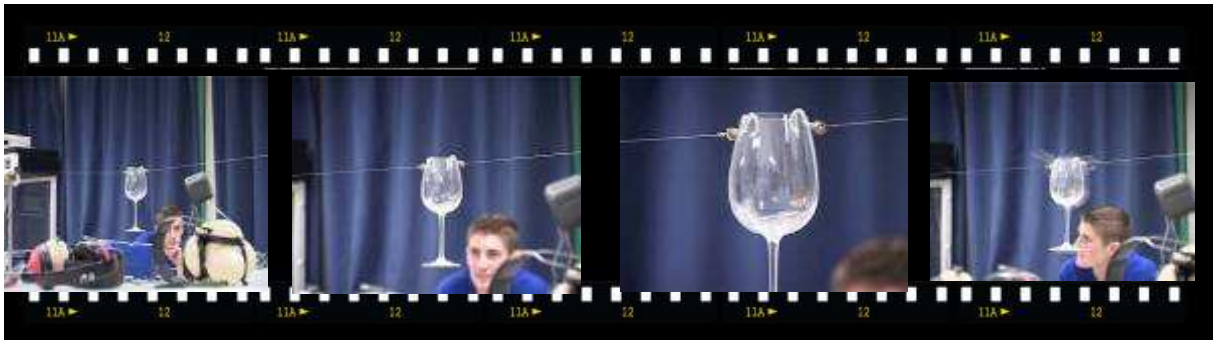
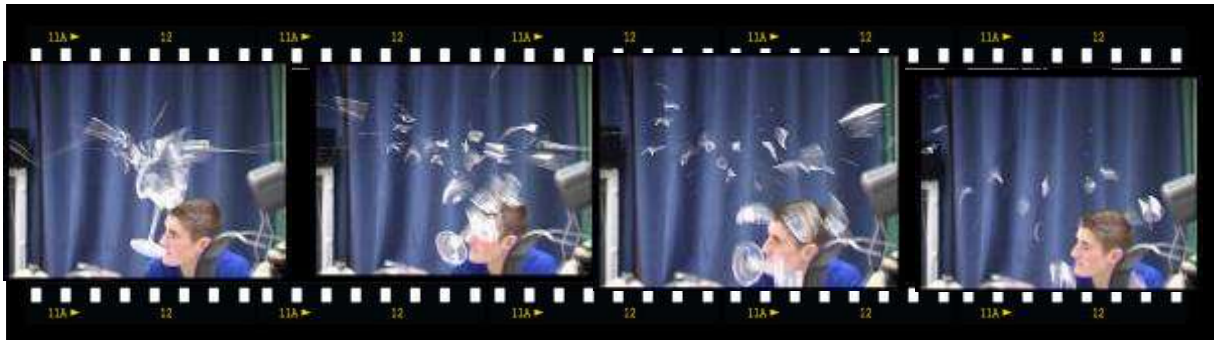


Schéma du montage de l'expérience

Photos
Du montage

Hypothèse : Lors de la fatigue, le verre est fragilisé ; des micros fissures se forment dans la structure du verre, si la fatigue dure trop longtemps les fissures s'agrandissent et le verre casse. C'est le phénomène de fatigue permet de créer des micros fissures un peu partout dans le verre ce qui explique que le verre casse de toutes parts (y compris au niveau du haut du pied ?!) et non au niveau des crochets.
(voir chronophotographie d'une casse ci-dessous).



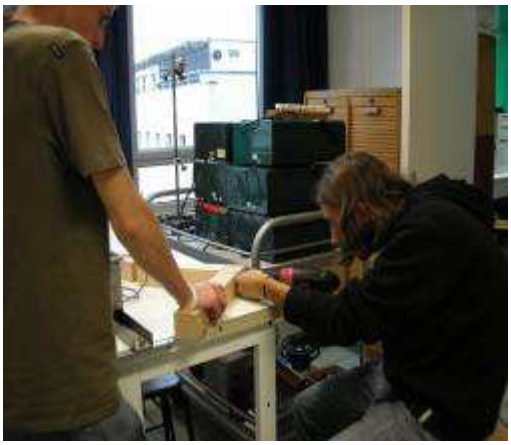


Chronologie de la casse d'un verre soumis à des forces de traction symétriques

4) Deux casses : Enfin un verre…mais aussi notre HP (sniff)

Le projet avançant ENFIN à grand pas, et étant parvenu à faire vibrer un verre mais pas à le casser, nous avons émis l'hypothèse que notre nouveau haut-parleur (200W) subisse d'éventuelles perturbations sonores (interférences ?), afin de réduire au maximum ce risque, et dans un soucis de structure de notre projet, nous avons décidé de fabriquer un caisson de bois isolé par du polyuréthane et sur lequel est fixé notre haut-parleur.

Quelques photos de la construction :



Photos de la construction du châssis en bois du caisson

Les plaques d'isolant ont été placé à l'extérieur du châssis pour limiter les « fuites » sonores, en effet si les plaques sont placées à l'intérieur, le châssis en bois est en contact avec l'extérieur ce qui permet au son de sortir du caisson. Si les plaques sont à l'extérieur il y a toujours une plaque d'isolant entre le son et l'extérieur du caisson.

Le caisson fini nous avons branchés un **nouvel** ampli sur le **nouveau** haut-parleur.

Pour éviter une surchauffe : suppression du capot

Après avoir mesuré la fréquence de résonance d'un verre nous avons cherché à le casser. Un premier essai a confirmé nos mesures, la fréquence trouvée était bien la fréquence fondamentale du verre car le pendule placé sur la paroi était très excité !

La déformation était très importante !

Bien plus importante que lors de nos essais précédents !

Notre montage fonctionnait bien.

Nous avons donc monté le son et là après 2 mois de galère, le verre s'est enfin brisé !!!!

Photos de la casse simple (sans larsen pour l'instant) !

Juste avant la casse, nous avons observé une forte déformation du verre qui a comme« gonflé », mais celui-ci n'a pas pu reprendre sa forme, il a atteint la plasticité et s'est brisé.

Pour l'instant, il est possible de supposer que la casse avec le son est similaire à celle réalisée avec les forces extensives statiques car le verre casse de toutes parts et non à partir de la partie la plus proche du haut-parleur.

On peut donc supposer que l'énergie nécessaire pour la casse du verre est égale ou supérieure à K x 120 N car le verre a cassé plus rapidement que dans l'expérience 2 (quelques secondes par rapport a 12,5 minutes).

En réalité, nous penchons plutôt pour une sorte de somme énergétique de fatigues à peu près égale mais plus rapide <u>mais il faudra le vérifier</u>.

Toutefois, il semble que c'est le manque d'intensité sonore qui nous a empêché de casser les verres jusqu'à présent.

Pourquoi alors que la fatigue était aussi présente lors des manips antérieures !!!

(Précédemment, nous avions laissé pulser un verre pendant + de 30 minutes)

Après cette réussite nous avons essayé de recasser un verre cependant nous nous sommes aperçus que l'amplificateur saturait puis s'auto coupait. Tant mieux car ce jour là, on l'aurait sûrement cassé -d'énervement- mais côté verre, nous n'avons plus rien cassé…

La séance suivante, nous avons donc placé un rhéostat réglé sur 8 Ω (la même impédance que le haut-parleur) sur l'autre voie de l'amplificateur afin d'équilibrer les sorties. Malheureusement cela a provoqué la casse de notre haut-parleur car notre ampli libérait maintenant trop de puissance !

Il y a des jours où …

N'ayant plus de haut-parleur aussi puissant, nous avons dû arrêter nos expériences…sur cette voie.

Nous allons donc en explorer d'autres en attendant de trouver un autre HP.

Tant qu'il y a du temps, il y a de l'espoir !

(Mais quand même, il était beau notre HP)

5) <u>L'autre voie : Mise en vibration d'une plaque de verre rectangulaire. (Lame de SVT) pour déterminer une estimation du module de Young d'un verre plat</u>.

Nous avons utilisé un haut parleur (HP) de 1W-8Ω (petit mais suffisant) alimenté par un GBF. Pour déterminer la fréquence de résonance de la lame, nous avons opté pour la réflexion d'un faisceau laser « *rasant* » en utilisant le mur comme écran.

<u>Principe de la manipulation</u> : Utilisation de la loi sur la réflexion
La distance entre la lame de verre et le mur étant importante (2968 mm), elle permet de visualiser, sur le principe de Poggendorff, un faible déplacement. (Nous n'avons pas pris plus grand car notre *mètre* à ruban fait 3m…)

(le schéma de la manip est à la page suivante)

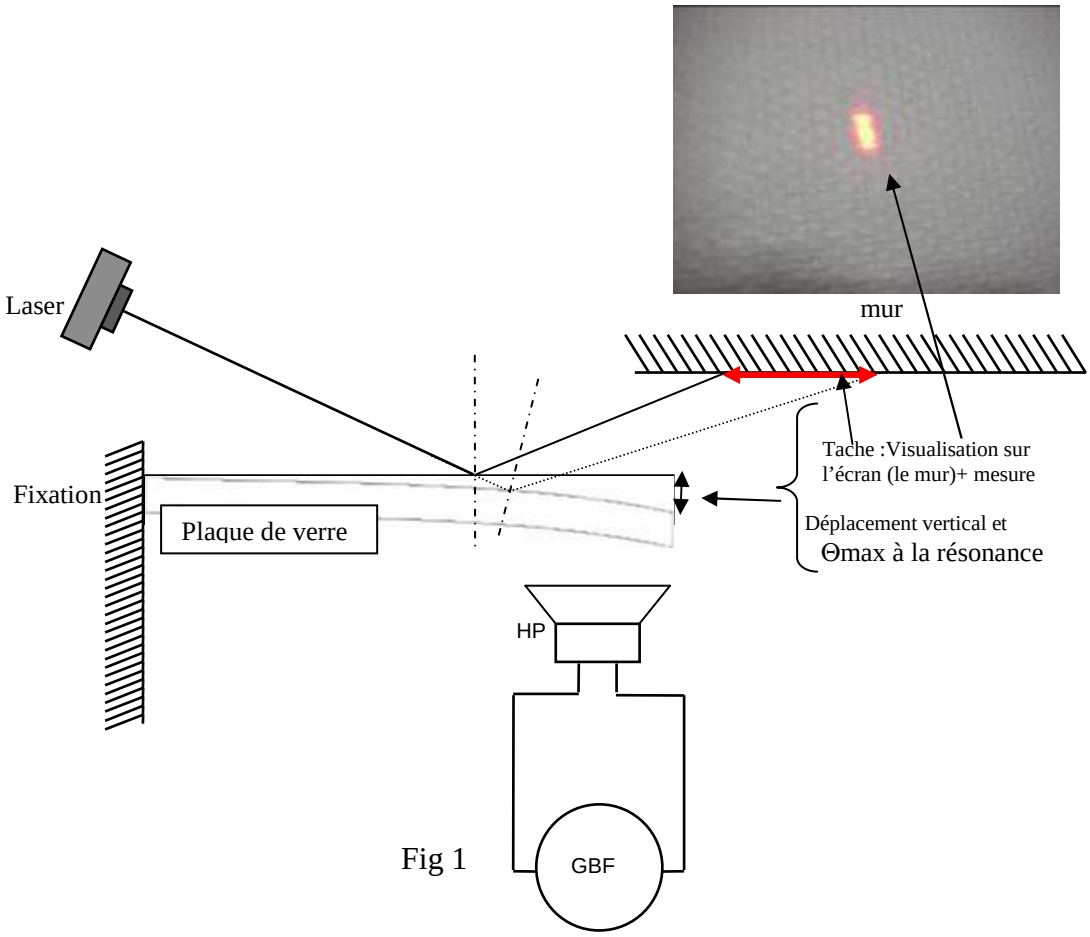


Fig 1

Comme il est **très aléatoire** de faire « sonner » la lame pour obtenir sa fréquence propre…. Nous avons préféré balayer les fréquences pour obtenir la fréquence de résonance de la plaque de verre (ici environ 210hz) et nous avons observé qu'à cette fréquence, la plaque vibrait beaucoup plus donc on peut supposer que nous étions sur sa fréquence de résonance. Nous pensons que c'est notre système de fixation était « assez fiable » car la fréquence ne « glissait » qu'au bout d'une dizaine de minutes.

Un étau garni de feuilles de plomb enserre la plaque de verre.

Le verre est un matériau élastique mais ça, nous le savions déjà et nous avions beaucoup discuté avec le groupe « un verre, ça passe ou ça casse » de l'année dernière.

*Source wikipédia : La **déformation élastique** est une déformation **réversible** : le milieu retourne à son état initial lorsque l'on supprime les sollicitations.*
*L'élasticité **linéaire** concerne les **petites déformation**s proportionnelles à la sollicitation.*
*Aux plus grandes déformations, l'élasticité devient **non linéaire** pour certains matériaux. Pour d'autres, la **fracture** ou le fluage interviennent.*
Nous travaillons avec de petites déformations, il est possible de déterminer le module de Young de notre plaque de deux manières différentes.
Le module de Young est une caractéristique du matériau

1) par la loi de Hoocke
2) par la vitesse du son dans le matériau

1) par la loi de Hoocke :

Source wikipédia : Afin de s'abstraire de la forme de la pièce, et notamment de ses dimensions, on divise la force par l'aire de la section de la pièce, grandeur que l'on appelle contrainte σ (exprimée en Pa), et on divise l'allongement par la longueur initiale, grandeur que l'on appelle déformation ou allongement relatif ε (sans dimension).

On note l'allongement relatif ε

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}.$$

On note la contrainte σ (similaire à une pression)

$\sigma = \frac{F}{S}$ (Ici toute l'aire de la lame)

Il faut faire l'analogie avec *la constante de raideur d'un ressort.*

La loi de Hooke s'exprime alors sous la forme :

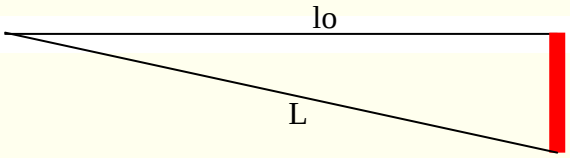
$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

La loi est valable pour l'étirement ou la compression d'une pièce, les autres dimensions étant libres de s'étendre.

!l'erreur est ici : il faut comprendre étirement = allongement en 2D et non étirement en extension dû à la flexion 3D (voir + bas)

ε est sans dimension.
Nous avons mesuré lo, la dimension de la tache et F
Nous en déduirons ε et σ en sachant que le Θ calculé est le double de l'angle sur la plaque. Les angles étant petits, la longueur de la tache sera directement divisée par2.

Nous ne prendrons pas un arc de courbure pour L mais, la plaque étant mince, elle sera assimilée à un objet sans épaisseur donc uniquement à une ligne neutre qui s'allonge sous la contrainte.



Tache sur le mur

L (écran)= 2968 mm F≈3N longueur de la tache=14.1 mm demi L=7.05mm

Après deux casses au serrage…Lame : l_0=44mm (qui dépasse) et largeur=26mm

On pose : $\tan\alpha = \alpha$ donc $\alpha = \frac{7.05}{2968} = 0.0023753$ radian

Pour la lame $L = \frac{l0}{\cos\alpha}$ L= 44.0001241293

Aire initiale = 44 x 26=1144mm² aire sous contrainte= 1144.0033mm²

Calcul de $\varepsilon = \frac{L-lo}{lo} = 2.821\ 10^{-6}$ Calcul de $\sigma = \frac{F}{S} = \frac{3}{1144\ 10^{-6}} = 2622$ Pa

d'où le $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ soit un estimatif de $E \approx \frac{2622}{2.821\ 10^{-6}} = 9.3\ 10^{8}$ Pa

L'ordre de grandeur n'est pas atteint car les valeurs de E sont aux alentours de $7{,}8\ 10^{10}$ Pa mais le résultat est acceptable aux vues des *quelques raccourcis un peu cavalier* (ça ce sont des paroles de profs…des raccourcis cavaliers !) : des raccourcis un peu forts mais on est d'accord.

Attention ici ajout d'un correctif <u>après</u> la finale :

Le rapporteur du dossier, lors du Jury final, nous a signalé que notre calcul était faux dans sa conception, nous nous sommes donc mis à la recherche de la bonne méthode de calcul <u>en gardant le même principe de déformation</u> pour obtenir une nouvelle valeur du module de Young…

Nous croyons avoir trouvé notre bonheur à L'ENS de Cachan dans :

Etude d'une poutre de module d'Young E
Détermination du module d'Young et relation avec les fréquences de résonance.
(Texte complet suivre ce lien : http://www.physique.ens-cachan.fr/pagregp/enseignement/elec/exp%E9riences/youngres.pdf)

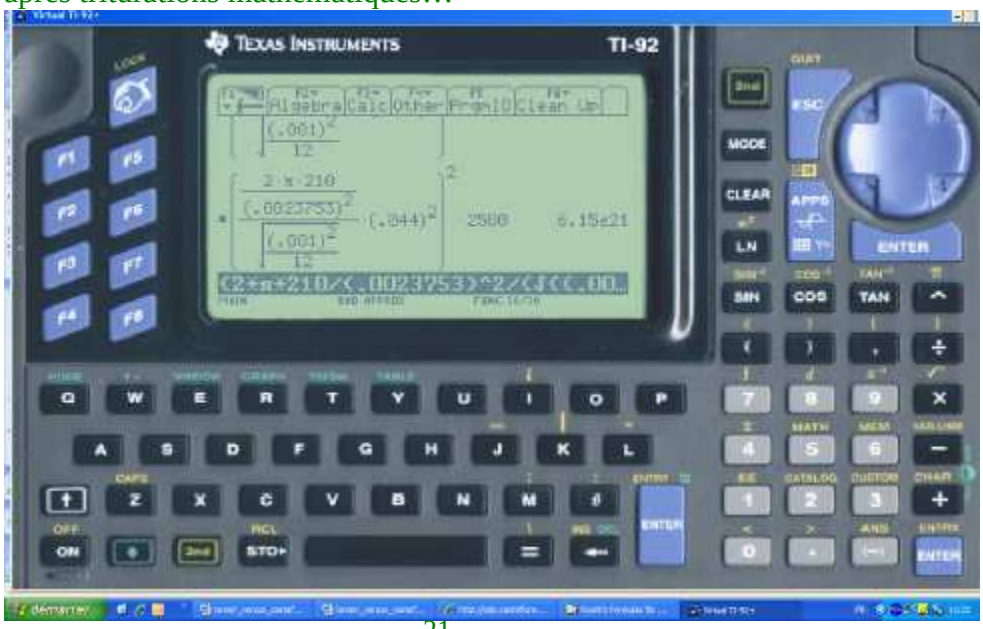
ENS CACHAN Département de Physique

Voilà nos nouveaux calculs (en vert)

Nous gardons évidemment le même angle pour α soit $\alpha=\frac{7.05}{2968}$ = 0.0023753 radian

en référence à : $$fi = \frac{1}{2\Pi}\alpha_i^2\sqrt{\frac{e^2}{12}}\cdot\frac{1}{L^2}\cdot\sqrt{\frac{E}{\mu}}$$

e = épaisseur ; L= longueur et μ = masse volumique (2500kg/m^3)
On peut extraire E car on connaît le fi : fi=210Hz
après triturations mathématiques…



E est estimé à environ $6{,}15\ 10^{21}$ Pa, **ce qui est très très décevant**.

Par contre, si nous utilisons (page7 du pdf de Cachan) la contrainte de 3N appliquée pour retrouver la m^me déviation, nous obtenons un module de Young acceptable.

soit E estimé à environ $3\ .10^{13}$ Pa, **ce qui nous réjouit beaucoup !!!**

La méthode par extension de la ligne neutre sous contrainte est donc une méthode possible pour estimer le module de Young d'un matériau mais la seconde méthode « par comparaison », nous semble DANS NOTRE CAS nettement meilleure que la première.

2) **par la vitesse du son dans le matériau** : (t° normale de la pièce)

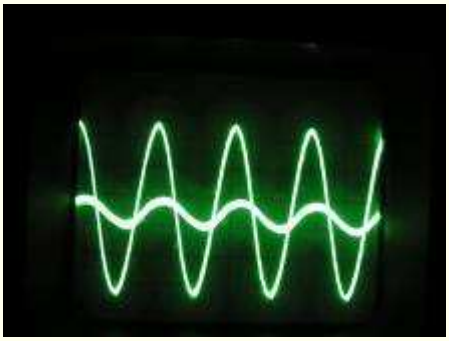
$$\text{Célérité du son} \approx \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

(C'est-à-dire la racine carrée du module de Young E divisée par la masse volumique du verre)

Masse volumique du verre ≈ 2 500 $kg.m^{-3}$

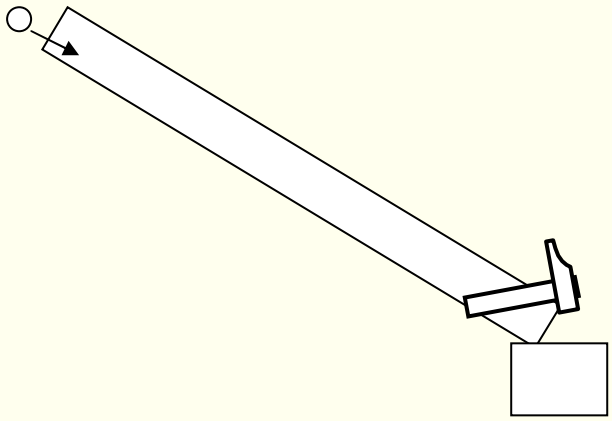
Pour des problèmes pratiques, nous tentons de mesurer la célérité du son dans le pied du verre
Nous pensions travailler dans l'ultrason mais le signal de réception ne donnait aucun résultat exploitable : il était de très mauvaise qualité.

Nous avons donc décidé de travailler dans l'audible aux environs de 800hz.(manip1)



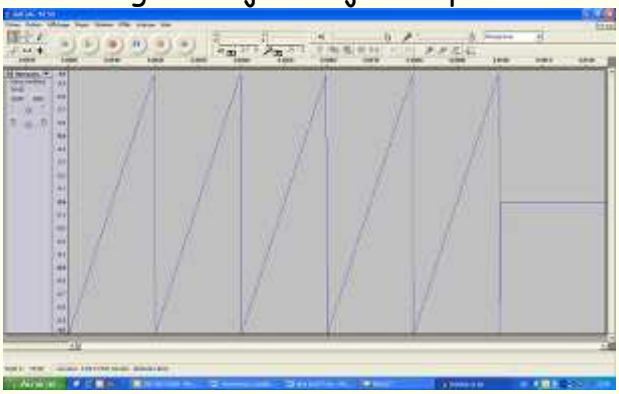
Résultat très décevants car nous ne voyons pas comment exploiter les résultats…

C'est alors que nous avons pensé au jeu du casse-noix :
C'est un jeu de kermesse des Ecoles qui consiste à lancer une noix à l'extrémité haute d'un tube penché, l'autre côté repose sur un billot et un joueur doit casser la noix à l'aide d'un marteau lorsqu'elle débouche du tube…pratiquement impossible.



Nous allons tenter de refaire la même chose avec notre son car si on arrive à mesurer le temps entre le départ de la noix (son émis) et la sortie du tube (son reçu), il est possible de calculer la vitesse de la noix (célérité du son dans le pied du verre de longueur connue).

Nous allons modifier un peu les règles du jeu en jetant plusieurs noix



5 noix sur 10ms car le but ici est quand même de les attraper !!! (Au moins une)
Pour ne pas confondre toutes ces noix (comme dans la première manip), nous allons espacer les lancers de 40 ms.

En prenant le signal d'entrée sur la voie A d'un oscilloscope et le signal de sortie sur la voie B, il doit *être possible* de mesurer t donc de calculer C.
Nous espérons pouvoir présenter quelques valeurs sérieuses dans quelques temps car pour l'instant les résultats sont très…surprenants (et de plus archifaux).

Valeur de $E = \rho . c^2$ soit estimatif de **E= (RIEN encore) Pa**

Nous estimons que le temps de décalage entre les deux signaux va être de l'ordre de la vingtaine de ms mais nous n'avons rien pour l'instant d'exploitable toutefois nous pensons à un autre système toujours sur le principe des noix…
Des essais avec de mesures avec piézos sont toujours en cours…

Nous persévérons dans notre idée car nous sommes convaincus que c'est un problème technique qu'il faut gérer et non un problème de sens…

Jusqu'au moment où l'expérimentation nous prouvera peut être le contraire et réciproquement.
On commence à se méfier !!!

6) La fatigue du verre

La fatigue d'un verre : approche mathématique

Dans cette partie, nous avons cherché à (dé)montrer qu'un verre –les nôtres- ne pouvait que casser par la fatigue. Nous avons donc réalisé le raisonnement logique suivant.

Si on considère qu'au niveau du verre on a 140 dB

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

- I est l'intensité sonore de la source en $W.m^{-2}$
- I_0 est l'intensité sonore seuil soit 10^{-12} $W.m^{-2}$ à 1000 Hz

On peut écrire que

$$\frac{L}{10} = \log \frac{I}{I_0}$$

$$10^{\frac{L}{10}} = \frac{I}{I_0}$$

$$I = I_0 10^{\frac{L}{10}}$$

Soit numériquement

$$I = 10^{-12}.10^{\frac{140}{10}} = 10^2 \ W.m^{-2}$$

Or, l'intensité sonore I est la puissance sonore reçue par unité de surface du récepteur.

$$I = \frac{P}{S}$$

- I est l'intensité sonore en $W.m^{-2}$
- P la puissance reçue en W
- S la surface réceptrice en m^2

Donc la puissance reçue est P = I x S

Si on s'intéresse à 1 cm^2 de la surface du verre.

$P = 10^2 \times 1.(10^{-2})^2$

$P = 10^2 \times 1. 10^{-4}$

$P = 10^{-2}$ W. (10^{-2}J par s !)

Si cette puissance est intégralement transmise au verre, pendant un quart de période, une force va l'écartée, disons le pousser, de sa position d'équilibre puis la ramener à sa position d'équilibre, puis l'écarter (le tirer ?) le remettre à sa position d'équilibre etc. … .
Si bien qu'on peut dire que cette puissance est le rapport du travail de cette force pendant un quart de période.

$$P = \frac{W_A^B}{\frac{T}{4}}$$

Le travail $W_A^B = P.\frac{T}{4} = \frac{P}{4f}$ avec f la fréquence du signal

Soit numériquement $W_A^B = \frac{10^{-2}}{4 \text{ x } 800} = 3{,}125.10^{-6}$ J

ce n'est pas beaucoup !

Si ce travail est produit par une force supposée constante s'exerçant sur une distance de 1/10ème de millimètre.

$W_A^B = F \text{ x } d$

$F = \frac{W_A^B}{d} = \frac{3{,}125.10^{-6}}{1.10^{-4}} = 3{,}125.10^{-2}$ N

Cette force, à elle seule, ne peut expliquer la rupture du verre !

7) Notre nouveau haut parleur est enfin arrivé !!!

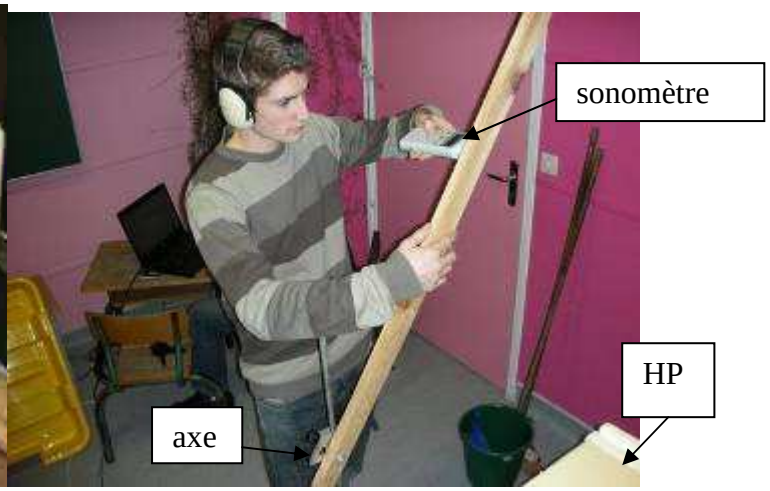
Profil sonore du haut-parleur et canalisation du son

Profil sonore du nouveau haut-parleur

Comme nous avons quelques problèmes pour casser nos verres : ceux-ci ne casse pas à tous les coups (et même franchement pas souvent). Nous avons donc étudié le profil sonore de notre nouveau haut-parleur pour voir comment le niveau sonore se comportait à son voisinage. Nous avons donc mis en place un dispositif :

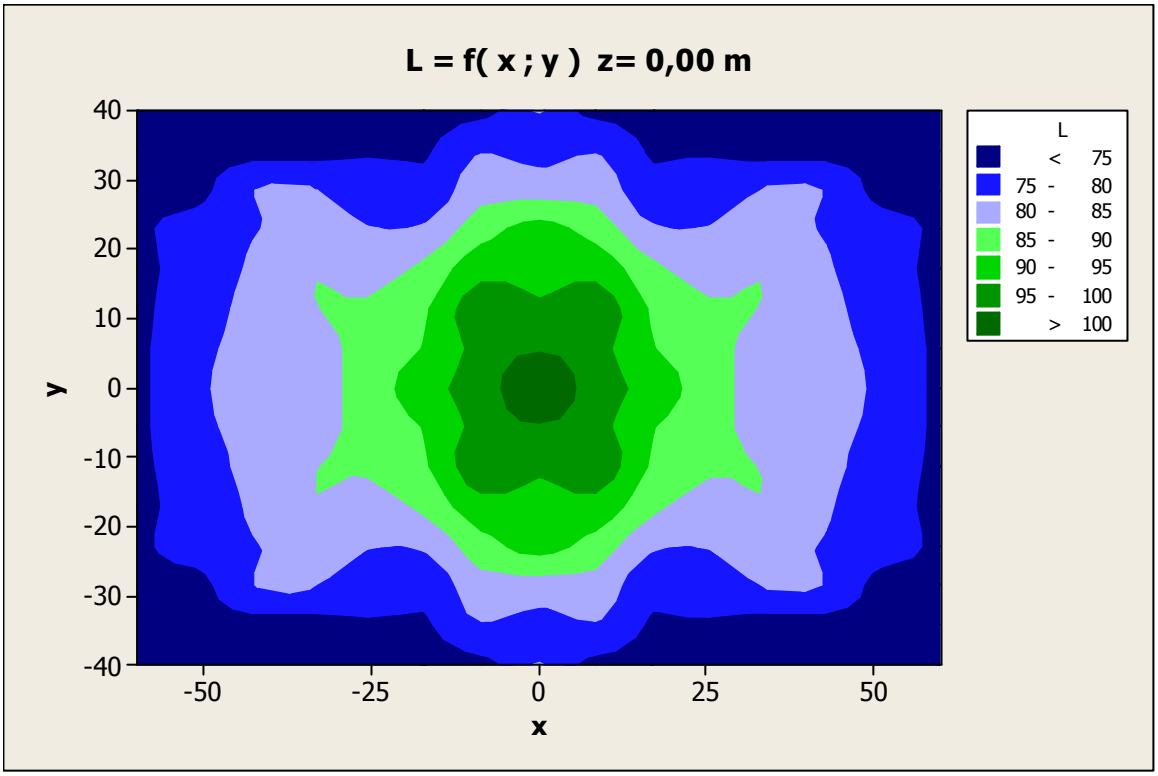
montage du rapporteur

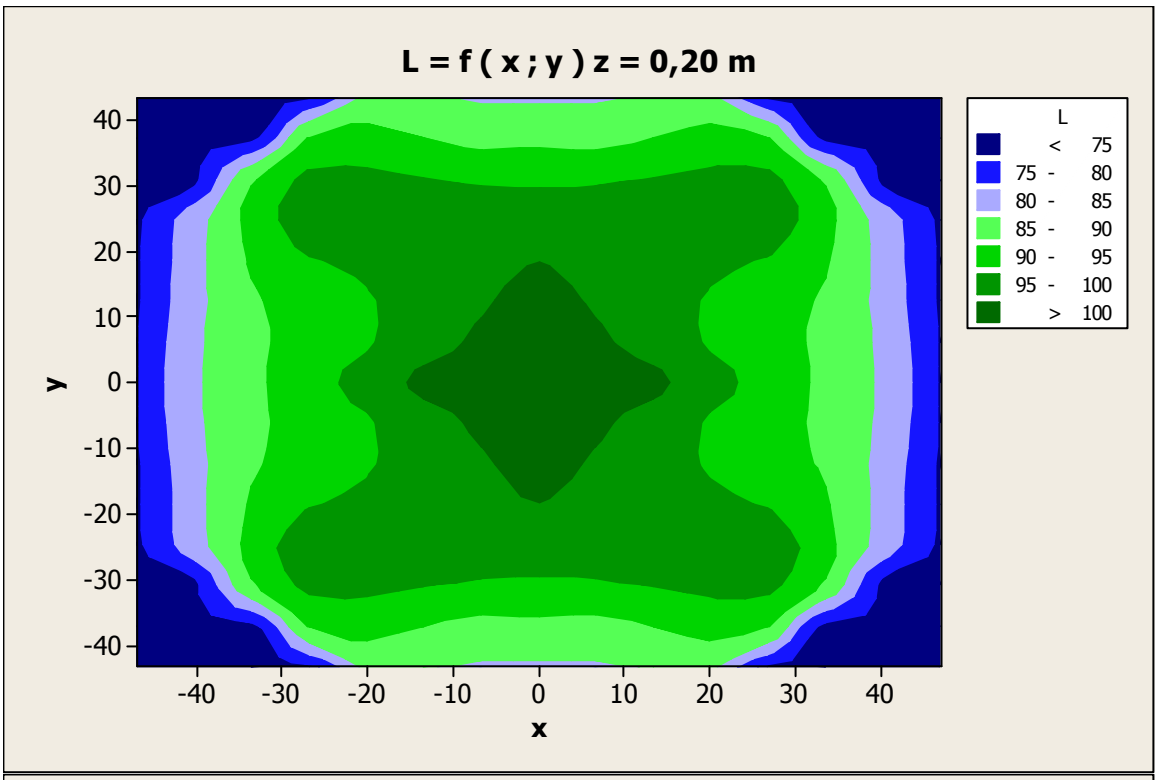
Celui-ci se compose d'un pied auquel on a fixé une règle, graduée tous les 10 cm et un rapporteur.
Le dispositif est placé face au haut parleur (le plus prêt possible car notre dispositif et le caisson du haut-parleur ne nous permet pas d'approcher très prêt du dôme du haut-parleur).
Condition initiale :
Après avoir réglé le haut parleur à 103.6 dB, nous avons commencé la série de mesures : nous avons mesuré le niveau sonore à chaque graduation de notre règle et ce de 20 ° en 20° jusqu'à 160 °.
Puis nous reculons le pied de 20 cm et nous recommençons jusqu'à ce que nous ayons reculé le pied de 80 cm.

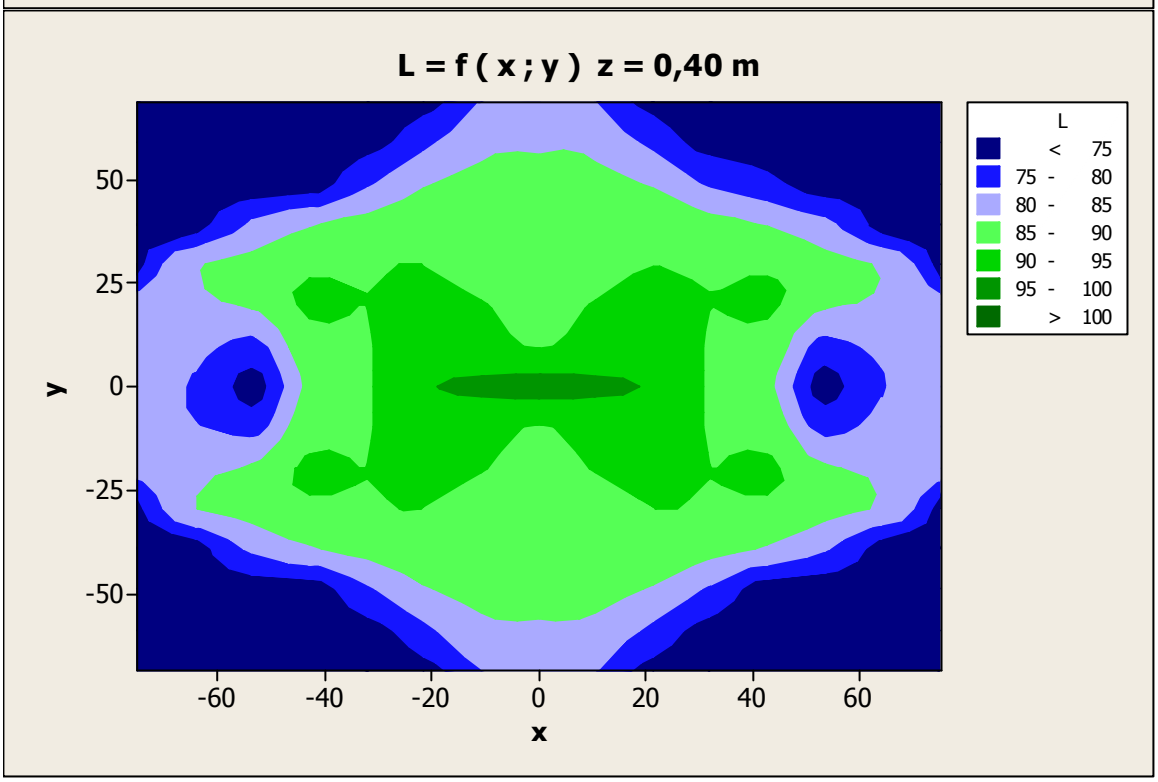


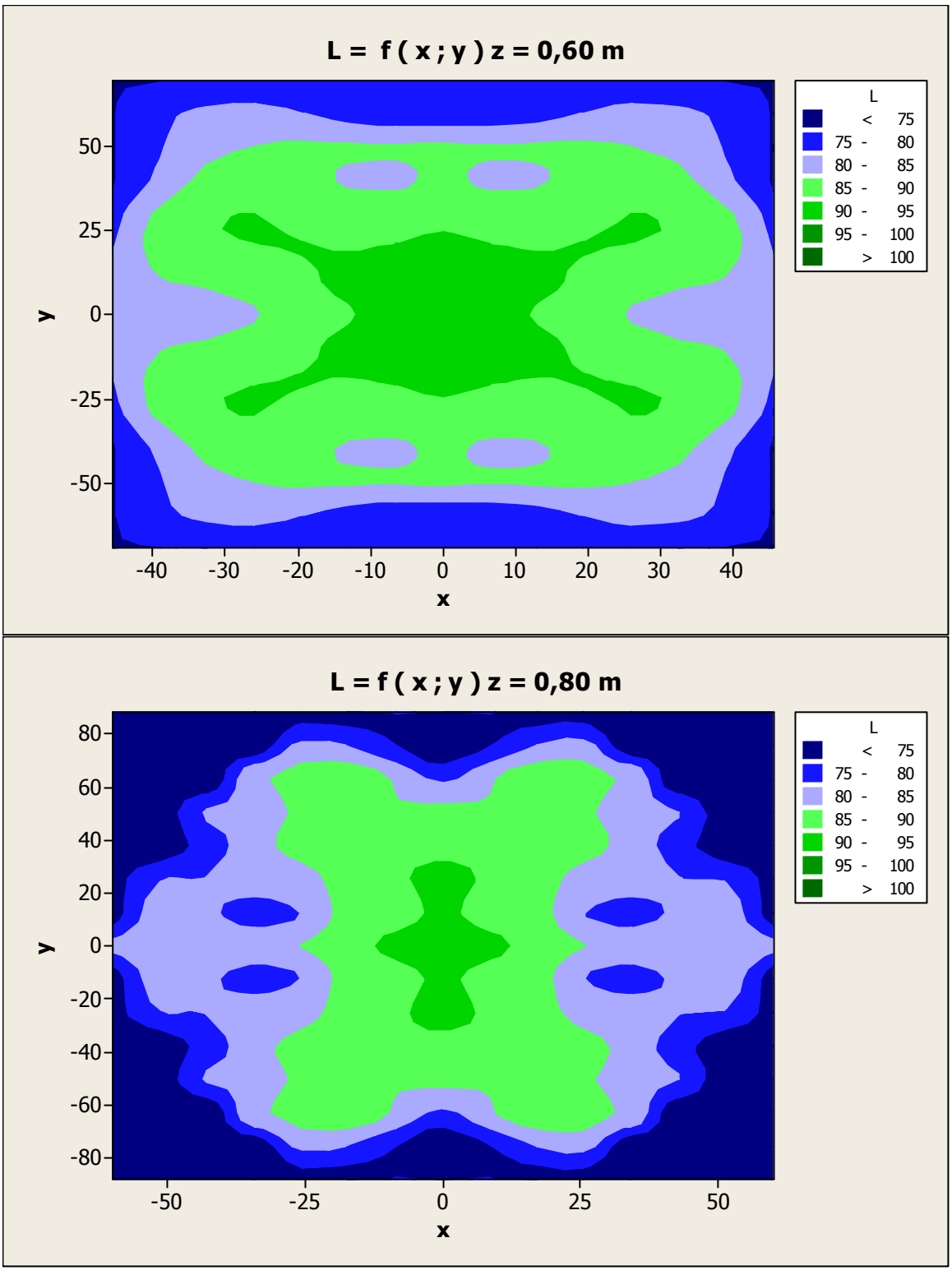
Pendant nos mesures nous avons eu quelques problèmes qui ont limité l'étendu de nos mesures : lorsqu'on était très prêt et à plus de 60 cm de hauteur du centre du haut-parleur, le sonomètre captait le son qui sortait de derrière le caisson, nous captions aussi les sons qui rebondissaient sur les murs quand nous étions trop excentrés du haut-parleur. Nous avons donc limité volontairement certaines séries mesures ce qui explique que les tableaux ne soient pas tous de la même forme.
(tous les tableaux de mesures sont en annexe)

Grâce au logiciel Minitab, voici ce que nous avons obtenu :




L = f (x ; y) z = 0,20 m
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
y
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40
x
L
< 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
> 100


L = f (x ; y) z = 0,40 m
50
25
0
-25
-50
y
-60
-40
-20
0
20
40
60
x
L
< 75
75 - 80
80 - 85
85 - 90
90 - 95
95 - 100
> 100



Attention ! On a en fait pris les mesures d'une demi sphère, et on a supposé que l'autre demi sphère était identique car symétrique.

Conclusion :

1) Notre haut parleur propage évidemment le son dans 3 dimensions mais pas selon une sphère régulière.
2) L'endroit où nous posons habituellement ET arbitrairement le verre est à un maximum d'intensité sonore.

8) Augmentation de l'intensité sonore

Canalisation du son : guide d'onde ?

Après avoir étudié la propagation du son, nous avons cherché à le canaliser afin de casser notre verre à coup sur. Nous avons donc tout d'abord essayé avec un tube de 310 mm de diamètre que nous avons placé à la sortie du Haut-parleur.

Voici ce que cela donne :

Mais en explorant l'intérieur du tube avec un micro relié à un oscilloscope et un sonomètre On s'est rendu compte que celui n'était pas efficace et ne canalisait pas le son.

Protocole : le sonomètre est réglé pour garder affiché le niveau sonore maxi (dBmax)

En effet, dans un tube il « devrait » se produire une augmentation de l'amplitude de l'onde au niveau de λ/4 et de 3λ/4.
Mais nous n'avons observé aucun changement à ces niveaux ???.

Nous avons donc utilisé des tubes plus fins et réalisé un protocole expérimentale : on a mis en place un pendule qui touchait le verre ; celui-ci était monté sur un plateau réglé au niveau de la sortie du tube qui glissait le long d'un rail. Ensuite on gradué une règle tous les λ/4 de la longueur d'onde de l'onde (λ = vitesse du son / fréquence du verre = 345/818 ≈ 0.42m = 42 cm ; soit 42/4 = 10.5 cm) pour pouvoir placer le plateau à la bonne distance de la source.

a

Rien de vraiment concluant dans ces différents cas de figure.
Les verres cassent mais de manière toujours très aléatoires.

9) Confection empirique d'un *canalisateur* de son.

Les verres cassant toujours de manière très aléatoire, il fallait absolument trouver une solution pour pouvoir passer à l'étude avec larsen.
Nous avons donc tâtonné et fini par trouver une forme qui permet une casse à tous les essais.
Pour confectionner les différentes formes, nous avons choisi de prendre deux feuilles de plomb –forme du dessus et forme du dessous- dont nous pouvons faire évoluer la/les formes facilement.
Le résultat de nos recherches empiriques donne une forme assez bizarre : un genre de bec de canard ou d'ornithorynque.

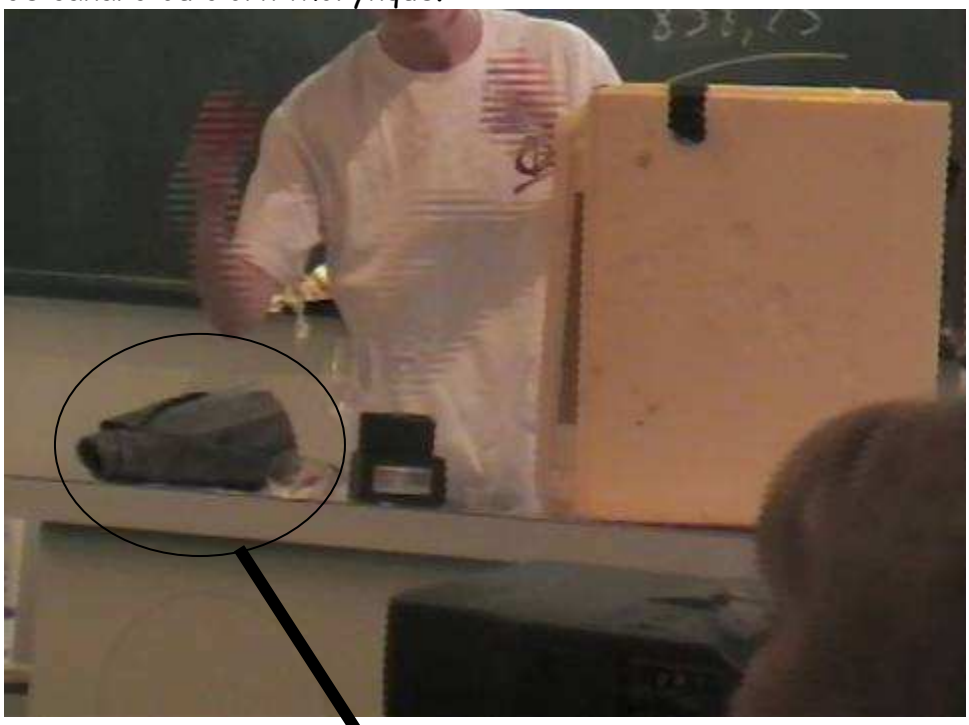
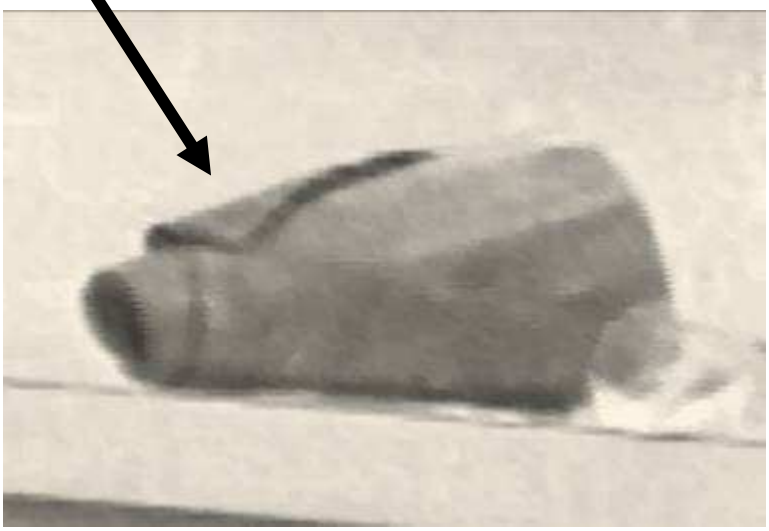
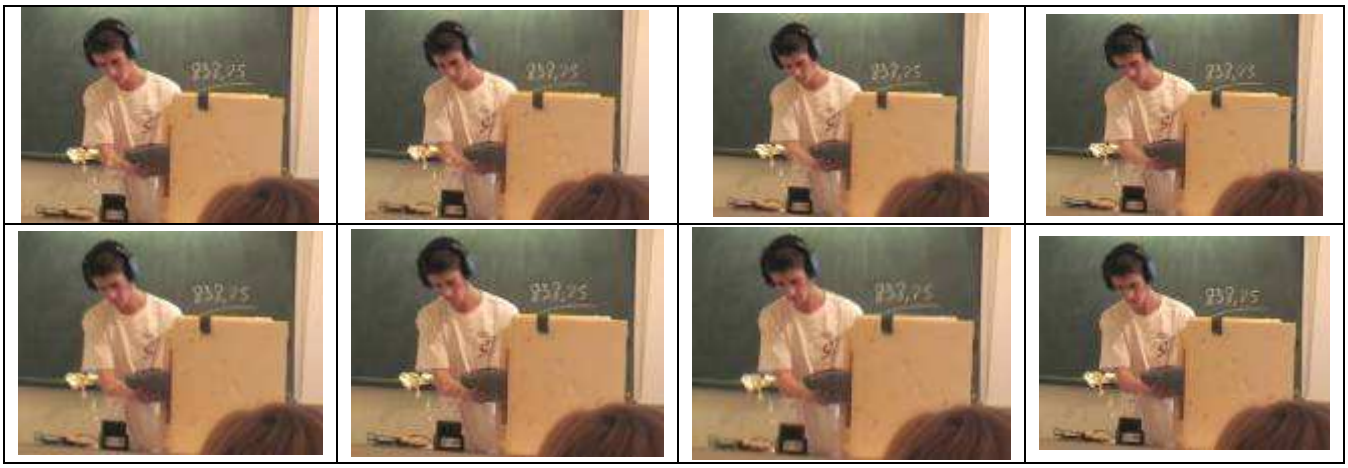


photo de la forme en plomb + casse



Le résultat est au-delà de nos espérances, les verres n'y résistent pas !!!
100% de réussite !
Il était temps !!!

Chronophotographie d'une casse : Fréquence fixée à 838,25 Hz.



Le verre s'est brisé mais on peut remarquer que ne reste qu'un morceau de la partie *avant*.

<u>Attention</u>, l'image en sur-impression a été retouchée pour obtenir une meilleure vision de la fracture.

CONCLUSION

Voilà, il était temps mais il est trop tard !
Nous sommes arrivés à la finale sans avoir eu le temps de finaliser notre projet avec une vraie casse par effet LARSEN.
Maintenant que nous possédons correctement la technique, il ne devrait pas y avoir…
STOP !!!, nous avons appris qu'il ne faut pas vendre la peau de l'Ours (espèce protégé loi du 10/07/76) avant d'avoir concrétisé expérimentalement une hypothèse et ce n'est pas le cas avec le LARSEN.
Pourquoi ?
Nous avons utilisé trop de temps :

1) dans nos mesures de traction statiques.
2) dans la mesure du son dans le verre (que nous n'avons toujours pas finalisé)
3) dans des bricolages agréables mais dévoreurs de temps.

Que regrettons-nous ?

1) Ne pas avoir pu manipuler le midi et dans les trous de l'emploi du temps : 120/140 dB ne passe pas inaperçu et ne sont pas compatibles avec un cours dans la salle d'à côté !
2) Le manque de temps évidemment pour finaliser mais le Lycée est fermé le dimanche et pendant les vacances !
3) De ne pas avoir eu la possibilité de comparer les surfaces de ruptures de casses statiques et de casses dynamiques **et ça c'est vraiment dommage**.

Est-il possible de casser ce type de verre avec la voix ?

Oui, en théorie

- si elle est très forte et si le son maintenu (très) longtemps.
- si elle a un son pure, à la même fréquence que la fréquence fondamentale du verre.
- La voix humaine n'est pas assez forte (dans notre cas) et il est difficile de produire un son pur aux alentours de 800 Hz (toutes les fréquences de nos verres étant autours de 800 Hz).

Un verre ne cassera pas directement par la puissance sonore seule, il ne cassera que si la fatigue accumulée lors de sa résonance dépasse un seuil qui lui est…propre.

Tout le problème est de connaître l'état du verre **avant** de l'étudier et là, nous n'avons pas été capable de prendre ne serais ce qu'une mesure…

Nous sommes donc partis sur l'hypothèse qu'un verre est déjà fragilisé par son vécu de fabrication…mais ils semblent tous différents.(voir traction statique)

Alors, sur quelles bases travailler ?

Il ne semble pas qu'il y ait de verre moyen.

Nous avons un doute certain sur notre méthodologie mais toutefois notre mise en œuvre du test de casse a été effectuée avec un protocole serré…donc si il existait un verre moyen, il serait apparu…probablement.

Est-il possible de casser ce type de verre avec un Larsen ?

Sûrement…peut-être…probablement…vraisemblablement….
C'est encore à démonter expérimentalement…
et c'est là tout le plaisir des Olympiades !!!!

En tout état de cause, la Castafiore peut toujours pousser son contre ut (do_5) car nos verres sont de véritables fléaux à cordes vocales.

Toutefois, une voix d'opéra atteint facilement les 120dB….
(http://aune.lpl.univ-aix.fr/lpl/personnel/scotto/articles/portee.pdf)

Comment casser un verre (au Lycée) : mode d'emploi

Nous donnons notre manière de faire, il en existe d'autres…
Cette manip se compose de trois parties avec deux manipulateurs
1ère partie :
Il faut :
Un ordinateur
le logiciel winoscillo
un micro pour la prise de son (fréquence de résonance)
un marteau caoutchouté (diapason)
Régler winoscillo sur spectre (F 3) ou clic droit sur la boite de réglage
le premier manipulateur frappe le verre et le second fait l'acquisition avec « Pause »
On pointe au curseur vertical (ctrl +V) ou clic droit sur la boite de réglage

2nd partie :
Il faut :
CASQUES OBLIGATOIRES
Un ordinateur (le même) mais le plus loin possible du HP (les soudures de la CM souffrent…)
le logiciel Audacity : dans GENERER puis SON
On va générer un son de la même fréquence fv que le max du spectre.
On relie la sortie son de l'ordinateur à un ampli
(si on n'a pas d'ampli un GBF peut faire l'affaire mais dans ce cas peu de chance de casse.)
On relie l'ampli au HP.
(Si vous pouvez avoir un HP à compression (HP d'extérieur), c'est le top)
Il est absolument nécessaire d'affiner la fréquence initiale obtenue avec Winoscillo.
On place le verre sur une plaque de mousse et le plus près possible du centre du HP.
Le pied du verre doit poser sur un support en mousse.
Un pendule léger : celui de l'électrostatique fait l'affaire.
On suspend le pendule à un support, la boule pose délicatement sur le bord du verre.
On envoie différentes fréquences autour de fv
Il est inutile de pousser le son à fond en phase de test.
Lorsque la fréquence de résonance est atteinte, vous allez le voir tout de suite.
Le pendule est projeté dans tous les sens et très violemment.

3ème partie :
Matériel : idem seconde partie
On place le verre devant le HP à une distance correspondant environ au tube de plomb.
On envoie et on « *pousse* » le son, le verre ne vibre pas trop car il est trop loin du HP.
On amène le guide d'onde entre le verre et le HP au niveau du buvant (en haut du verre).
Le verre entre en résonance et au bout de quelques secondes, il se brise.
Un éclairage au stroboscope est vivement conseillé car en plus c'est très beau…enfin c'est très surprenant même lorsque l'on connaît la fin.
Nous, on ne s'en lasse pas…

Voilà et si vous n'y arrivez pas, contactez-nous.
Cela nous fera plaisir d'en discuter. Chez nous, pas de cachotterie !

IV ANNEXES

1) prises de mesures du HP
2) Prises de mesures chronologiques des tractions

Angle en °	0	COS	Angle en °	20		Angle en °	40		Angle en °	60		Angle en °	80		Angle en °	90
Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0.00	103.60	1	0.00	103.60	0.94	0.00	103.60	0.76	0.00	103.60	0.5	0.00	103.60	0.17	0.00	103.60
10.00	96.70	1	10.00	95.20	0.94	10.00	98.60	0.76	10.00	99.50	0.5	10.00	95.20	0.17	10.00	96.10
20.00	91.60	1	20.00	88.90	0.94	20.00	90.70	0.76	20.00	92.40	0.5	20.00	91.30	0.17	20.00	92.60
30.00	84.00	1	30.00	85.70	0.94	30.00	81.40	0.76	30.00	79.30	0.5	30.00	83.00	0.17	30.00	81.30
40.00	81.10	1	40.00	83.60	0.94	40.00	80.70	0.76	40.00	73.70	0.5	40.00	78.40	0.17	40.00	80.20
50.00	80.00	1	50.00	78.70	0.94	50.00	79.40	0.76	50	prob		50	PROB		50	PROB
60.00	72.90	1	60.00	77.10	0.94	60	prob		60			60			60	
70	Prob		70	prob		70			70			70			70	
80	Prob		80			80			80			80			80	
90	Prob		90			90			90			90			90	
100	Prob		100			100			100			100			100	
Angle en °	0		Angle en °	-20		Angle en °	-40		Angle en °	-60		Angle en °	-80		Angle en °	-90
Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0		Profondeur en m	0
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0	0	0	0	103.6		0	103.6		0	103.6		0	103.6		0	103.6
10	0	0	10	98.3		10	99.4		10	97.1		10	97.5		10	98.1
20	0	0	20	93.8		20	93.4		20	93.4		20	93.2		20	93.8
30	0	0	30	87.5		30	89.5		30	89.2		30	88.9		30	89.4
40	0	0	40	78.3		40	82.4		40	71.7		40	78.2		40	84.2
50	0	0	50	PROB		50	78.9		50	PROB		50	PROB		50	PROB
60	0	0	60	0		60	73.7		60	0		60	0		60	0
70	0	0	70	0		70	PROB		70	0		70	0		70	0
80	0	0	80	0		80	0		80	0		80	0		80	0
90	0	0	90	0		90	0		90	0		90	0		90	0
100	0	0	100	0		100	0	0	100	0		100	0		100	0

Angle en °	0		Angle en °	20		Angle en °	40		Angle en °	60		Angle en °	80		Angle en °	90
Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0	103.2		0	103.2		0	103.2		0	103.2		0	103.2		0	103.2
10	101.9		10	100.6		10	100.6		10	100.8		10	101.6		10	102.1
20	97.1		20	95		20	96.5		20	97.5		20	98.7		20	99.5
30	91.1		30	91.5		30	95.8		30	96.3		30	95		30	94.6
40	84.4		40	86.1		40	94.6		40	93.9		40	85.9		40	86.6
50	PROB		50	74.2		50	82.7		50	85.1		50	PROB		50	PROB
60			60	¨PROB		60	PROB		60	PROB		60			60	
70			70			70			70			70			70	
80			80			80			80			80			80	
90			90			90			90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

Angle en °	0		Angle en °	-20		Angle en °	-40		Angle en °	-60		Angle en °	-80		Angle en °	-90
Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2		Profondeur en m	0.2
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0			0	103.2		0	103.2		0	103.2		0	103.2		0	103.2
10			10	99.8		10	99.9		10	101.4		10	101.7		10	101.5
20			20	97.4		20	97.8		20	99.9		20	100.5		20	100.3
30			30	96.1		30	95.9		30	95		30	95.8		30	95.6
40			40	92.8		40	91.2		40	88.6		40	85.7		40	85.9
50			50	87.6		50	88.4		50	PROB		50	PROB		50	83.2
60			60	PROB		60	PROB		60			60			60	PROB
70			70			70			70			70			70	
80			80			80			80			80			80	
90			90			90			90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

Angle en °	0		Angle en °	20		Angle en °	40		Angle en °	60		Angle en °	80		Angle en °	90
Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB	0	Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0	95.9		0	95.9		0	95.9		0	95.9		0	95.9		0	95.9
10	95.5		10	92.9		10	92.4		10	93.9		10	90.9		10	89.6
20	95.2		20	92.6		20	91.3		20	90.6		20	86.7		20	87.8
30	89.9		30	90.4		30	90.9		30	90.5		30	86.7		30	87
40	88.1		40	90.1		40	90		40	88.7		40	86.3		40	86.3
50	76.8		50	88.9		50	88.7		50	86.2		50	86		50	85.7
60	PROB		60	84.7		60	84.4		60	78		60	83.8		60	PROB
70			70	84.6		70	PROB		70	PROB		70	79.6		70	
80			80	80		80			80			80	PROB		80	
90			90	PROB		90			90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

Angle en °	0		Angle en °	-20		Angle en °	-40		Angle en °	-60		Angle en °	-80		Angle en °	-90
Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4		Profondeur en m	0.4
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0			0	95.6		0	95.6		0	95.6		0	95.6		0	95.6
10			10	92.7		10	92.4		10	93.4		10	93.6		10	95.2
20			20	90.8		20	90.9		20	92.9		20	91.9		20	93.8
30			30	88.6		30	89.5		30	87.7		30	89.8		30	91
40			40	86.1		40	88.8		40	80.4		40	85.7		40	87.4
50			50	85.3		50	85.8		50	PROB		50	PROB		50	PROB
60			60	76.7		60	77.6		60			60			60	
70			70	PROB		70	PROB		70			70			70	
80			80			80			80			80			80	
90			90			90			90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

Angle en °	0		Angle en °	20		Angle en °	40		Angle en °	60		Angle en °	80		Angle en °	90
Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0	93.9		0	93.9		0	93.9		0	93.9		0	93.9		0	93.9
10	90.4		10	90.4		10	92.4		10	92.2		10	92.7		10	92.9
20	87.6		20	88.6		20	91		20	90.1		20	91.6		20	92.4
30	83.2		30	87.1		30	90		30	89		30	87.2		30	86.5
40	82.5		40	86		40	90		40	88.3		40	84.1		40	85.9
50			50			50	85.7		50	87.7		50			50	85.3
60			60			60	75		60	83.2		60			60	76.2
70			70			70			70	79.9		70			70	
80			80			80			80	74.5		80			80	
90			90			90			90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

Angle en °	0		Angle en °	-20		Angle en °	-40		Angle en °	-60		Angle en °	-80		Angle en °	-90
Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6		Profondeur en m	0.6
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0			0	93.9		0	93.9		0	93.9		0	93.9		0	93.9
10			10	92.9		10	93.9		10	91		10	91.9		10	92.2
20			20	91.2		20	90.8		20	90.6		20	90.2		20	89.7
30			30	90.6		30	89.9		30	90.6		30	89.9		30	89.3
40			40	87.3		40	89		40	89.1		40	88.2		40	88.8
50			50	85.2		50	87.8		50	88.4		50	87.4		50	86.8
60			60			60	86		60	82.6		60			60	
70			70			70	81.9		70			70			70	
80			80			80	75.5		80			80			80	
90			90			90			90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

Angle en °	0		Angle en °	20		Angle en °	40		Angle en °	60		Angle en °	80		Angle en °	90
Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0	91.5		0	91.5		0	91.5		0	91.5		0	91.5		0	91.5
10	90.9		10	89.3		10	89.7		10	88.7		10	90.6		10	90.9
20	86.7		20	84.7		20	87.4		20	88.4		20	90.3		20	90.7
30	84.7		30	79.5		30	84.8		30	87.5		30	90.3		30	90.5
40	83.9		40			40			40	87.3		40	88.8		40	88.5
50	83.1		50			50			50	86.4		50	86.1		50	86.3
60	81.1		60			60			60	84.6		60	85.8		60	81.6
70	PROB		70			70			70	84.1		70	84		70	71.2
80			80			80			80	81.2		80	76.9		80	PROB
90			90			90			90	PROB		90	76.1		90	
100			100			100			100			100	PROB		100	

Angle en °	0		Angle en °	-20		Angle en °	-40		Angle en °	-60		Angle en °	-80		Angle en °	-90
Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8		Profondeur en m	0.8
Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB		Longueur en m	P en dB
0			0	91.5		0	91.5		0	91.5		0	91.5		0	91.5
10			10	91.1		10	90.3		10	90		10	87.7		10	89.9
20			20	88.8		20	89.4		20	88.8		20	87.4		20	88.9
30			30	84		30	89.1		30	87.5		30	86.9		30	87.8
40			40	83.9		40	87.9		40	87.1		40	85.6		40	84.3
50			50	82.6		50	85.8		50	86.4		50	85.3		50	81.5
60			60	71.5		60	82.9		60	85.5		60	83.8		60	81.4
70			70			70	78.9		70	83.3		70	69.9		70	75.7
80			80			80	78.1		80			80			80	72.6
90			90			90	PROB		90			90			90	
100			100			100			100			100			100	

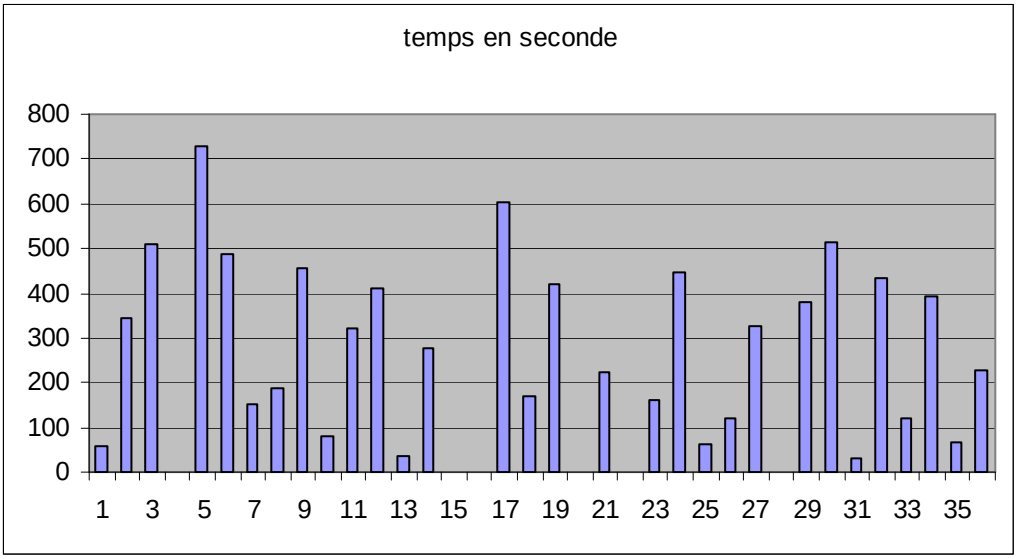
PRISES CHRONOLOGIQUES EN TRACTION

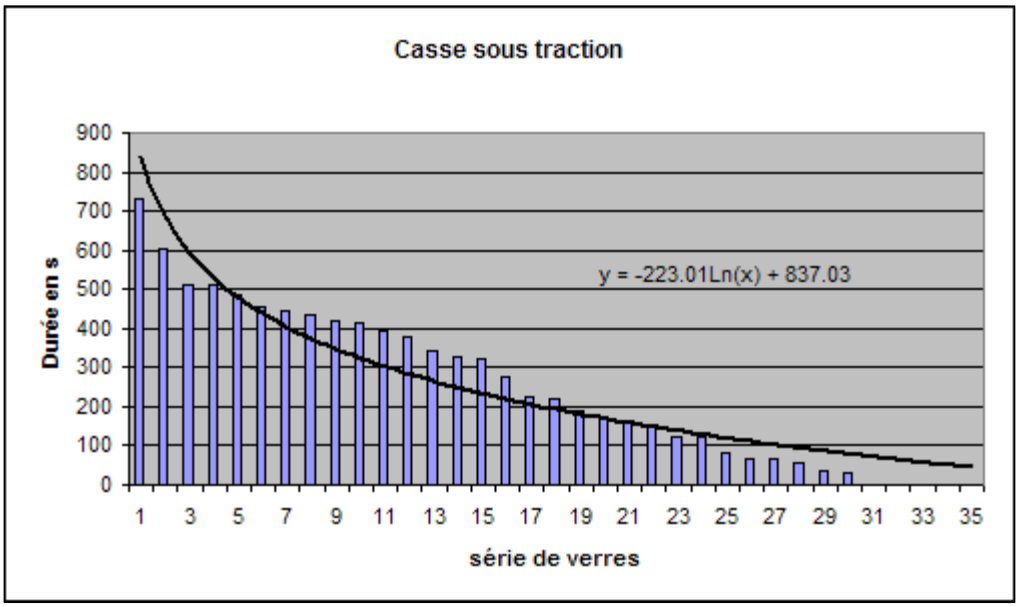
verre (2 cartons neufs)	temps en seconde	
1	58	
2	342	
3	510	
4	1	Casse immédiate
5	730	
6	485	
7	153	
8	187	
9	455	
10	82	
11	320	
12	412	
13	35	
14	278	
15	1	Casse immédiate
16	1	Casse immédiate
17	604	
18	172	
19	419	
20	1	Casse immédiate
21	222	
22	1	Casse immédiate
23	159	
24	445	
25	64	
26	121	
27	327	
28	Pas de casse	plus de 15 minutes
29	378	
30	512	
31	32	
32	435	
33	121	
34	392	
35	67	
36	227	

ESSAIS de CASSES sous TRACTION

numéro du verre	Durée en s		Calculs			
28	Pas de casse		MOYENNE	MEDIANE	EcMoy	EcTyp
5	730	1	249.97	222.00	173.97	200.89
17	604	2				
30	512	3	quartile			
3	510	4	65.5			
6	485	5	222			
9	455	6	415.5			
24	445	7				
32	435	8				
19	419	1	**415.5**	**quartile**		
12	412	2				
34	392	3				
29	378	4				
2	342	5				
27	327	6				
11	320	7				
14	278	8				
36	227	9				
21	**222**	1	**222**	**médiane**		
8	187	2				
18	172	3				
23	159	4				
7	153	5				
26	121	6				
33	121	7				
10	82	8				
35	67	9				
25	64	1	**65.5**	**quartile**		
1	58	2				
13	35	3				
31	32	4				
4	1	5				
15	1	6				
16	1	7				
20	1	8				
22	1	9				

Moyenne	**250**	
écart moyen	**174**	
écart type	**201**	**!!!**





Remarque : La courbe de tendance ne nous parle pas…
Mais est-elle utile ?

D'après nos tests, la casse est aléatoire. Elle semble dépendre de la fabrication car nous avons travaillé avec des verres neufs qui sortaient tous des cartons. On suppose que selon leur fabrication chaque verre possède des nanofissures plus ou moins nombreuses ou plus ou moins grandes et c'est pour cela qu'ils casseraient au bout d'un temps aléatoire.

REMERCIEMENTS

Notre partenaire ARC INTERNATIONAL

Notre partenaire « Le Studio du Bras d'Or »

Notre partenaire JEULIN
Et M. Yves PHILIPPE, Responsable Service Marchés, Société Jeulin SA

L'ENS de CACHAN Département de Physique
Jean Batiste DESMOULINS (P.R.A.G)
Pour ses échanges simples et chaleureux.

M Vandenbergues David
pour le prêt de son ampli de 400W (RMS)

MM Cornette Christophe et Fichaux Hubert
Pour leurs soutiens techniques et matériels

La Commune de Saint Léonard
pour le prêt d'une salle de classe durant les vacances de Noël

Le directeur de **l'école Laïque** AURORE et les dames de services
pour leurs accueils sympathiques

- M Jean Marc PIWINSKI, proviseur adjoint du Lycée Branly.
- M Eric FOUCHOU-LAPEYRADE , Intendant du Lycée Branly
- M Olivier BURIDANT , professeur de S.Physiques au Lycée Branly
- M Philippe LANCEL, professeur de Math/S.Ph au Lycée Professionnel Branly
- Mme Anne Charlotte ALLOUCHERIE, professeur de S.Physiques au Lycée Branly
- M Patrick RYVES, professeur de S.Physiques au Lycée Branly
- M Frédérique DUCROCQ , professeur de S.Physiques au Lycée Branly
- MM Philippe PENEL, Bruno HERMAND et Mmes Betty HENGUELLE, Véronique PRUVOST, Sylvie BOUTOILLE, Alexandra HOLLENDER, personnel de laboratoire

Les Agents du Lycée
- Les Agents Techniques, les Dames de Services qui ne peuvent jamais nettoyer les salles le mercredi, la Conciergerie pour sortir tard…

- Tous ceux que nous avons oubliés…

Synthèse de GEOFFREY

Pour la première fois cette année, j'ai participé aux Olympiades de Physique. J'en avais souvent entendu parler les années précédentes, mais je n'avais jamais osé me lancer dans le projet, et, finalement avec trois de mes camarades, je me suis jeté à l'eau. Et je fus très agréablement surpris de l'ambiance, en effet j'ai été accueilli les bras ouverts dans un cadre de travail à la fois rigoureux et sérieux, mais beaucoup plus décontracté que des cours normaux, encadrés par des professeurs de Sciences Physiques M. Buridant et M. Lancel toujours prêt à nous donner des petits conseils et un petits coup de main de temps en temps, c'est un plaisir de se rendre tous les mercredis au lycée pour avancer dans le projet. Les Olympiades, c'est aussi pour moi l'occasion de mettre en application les connaissances parfois abstraites de la physique enseignée en cours, mais également de me familiariser avec la recherche, émettre des hypothèses, tester différentes pistes, connaître l'échec souvent, mais persévérer. Hélas, après plusieurs semaines de travail, n'ayant toujours pas de résultats 2 de nos camarades ont décidé d'abandonner le projet, nous nous sommes donc retrouvés à deux, Thomas et moi pour avancer dans le projet.

N'étant plus que deux avec Thomas, il nous a fallu être plus « efficace » (rires) et nous répartir le travail, notamment dans la rédaction du dossier, nous réalisions nos expériences le mercredi après-midi puis, les autres jours, nous rédigions chacun de notre côté puis nous mettons en commun.

Les Olympiades de physique sont pour moi, une très bonne expérience, j'ai beaucoup appris et j'ai pris énormément de plaisir à réaliser ce projet.

Synthèse de THOMAS

Participer aux olympiades m'a déjà appris beaucoup de choses.
Tout d'abord ce qu'est la recherche en physiques et en sciences en général : cela n'a rien à voir avec les cours et c'est ça que j'aime : partir de rien et faire des expériences, tenter, essayer (mais le plus souvent aussi rater et ramer) pour arriver quelquefois…à ce qu'on veut. Selon moi, c'est mieux que les cours (mais il en faut…) et ce n'est pas la même ambiance. Aux Olympiades l'ambiance est sérieuse et décontractée en même temps, il n'y a pas de bonnes ni de mauvaises idées et les professeurs de Sciences Physiques M Lancel et M Buridant nous ont bien aidé et soutenu dans notre projet. Cependant ce n'est pas toujours la fête ! Quand nous avons commencé le projet nous étions 4 mais 2 de nos camarades (Jérémy et Damien) sont partis démotivés car nous n'arrivions pas à casser le verre (nous avons seulement réussi à casser le verre le 24 octobre, un jour mémorable, la dernière séance avant les vacances de la Toussaint). En partie grâce aux Olympiades, la recherche est devenu un domaine dans lequel j'aimerais travailler plus tard.

Cela m'a permis aussi d'apprendre le travail d'équipe bien que le bel orchestre de la Castafiore s'est réduit à un duo au cours du temps. Avec mon binôme Geoffrey donc, nous nous sommes partagés le travail pendant une bonne partie de la rédaction du dossier, tout en se consultant régulièrement. Mais pour les expériences au Labo de Physiques nous sommes plutôt complémentaires et nous travaillons ensemble chaque mercredi après midi (et même certaines fois entre 13 et 14h).
Le pire, c'est le manque de temps pour -travailler une idée –installer le matériel- régler le matériel- ranger le matériel- c'est vraiment stressant à force.

Enfin les Olympiades m'ont permis de voir la Physique sous un angle plus ludique et plus sympathique que celui des cours de terminales S, bien que j'ai toujours aimé cette matière.

Pour terminer ? les Olympiades sont pour moi une expérience très intéressante et très enrichissante et je continuerai avec plaisir dans cette voie.